

Primljen / Received: 4.11.2025.

Ispravljen / Corrected: 1.12.2025.

Prihvaćen / Accepted: 8.12.2025.

Dostupno online / Available online: 15.12.2025.

Cjelovita obnova zgrade Hrvatskog doma u Petrinji

Autori:

**Mario Todorčić**, dipl.ing.grad.

Toding d.o.o., Zagreb

mario.todoric@toding.hr

Autor za korespondenciju

**Miroslav Duvnjak**, mag.ing.aedif.

Toding d.o.o., Zagreb

miroslav.duvnjak@toding.hr**Petar Todorčić**, mag.ing.aedif.

Toding d.o.o., Zagreb

petar.todoric@toding.hr**Krešimir Todorčić**, mag.ing.aedif.

Toding d.o.o., Zagreb

kresimir.todoric@toding.hr

Stručni rad

Mario Todorčić, Miroslav Duvnjak, Petar Todorčić, Krešimir Todorčić

Cjelovita obnova zgrade Hrvatskog doma u Petrinji

Nakon potresa 2020. godine oštećena je zgrada Hrvatskog doma u Petrinji te je provedena njezina cjelovita obnova. U ovom radu prikazan je ukupan proces obnove, od početnog pregleda i istražnih radova, projektiranja, odabir koncepta pojačanja do provedbe radova u okviru projektantskog nadzora nad pojačanjem konstrukcije. Obnova zgrade Hrvatskog doma primjer je uspješne cjelovite obnove i doprinosi revitalizaciji života u Petrinji budući da je riječ o građevini od osobite važnosti za kulturni život grada.

Ključne riječi:

potres, potresna obnova, Petrinja, numerički model, metode pojačanja

Professional paper

Mario Todorčić, Miroslav Duvnjak, Petar Todorčić, Krešimir Todorčić

Comprehensive Reconstruction of the "Hrvatski dom" Building in Petrinja

After the 2020 earthquake, the building of the Croatian Home in Petrinja was damaged, and a comprehensive reconstruction was carried out. This paper presents the entire restoration process - from the initial inspection and investigation works, through design development and selection of the strengthening concept, to the implementation of works within the framework of the structural strengthening supervision. The reconstruction of the Croatian Home building represents an example of a successfully completed comprehensive restoration and contributes to the revitalization of life in Petrinja, as the building holds particular importance for the city's cultural life.

Key words:

earthquake, post-earthquake reconstruction, Petrinja, numerical model, strengthening methods

1. Uvod

Potres koji je 29. prosinca 2020. godine u 12:19 pogodio grad Petrinju i okolicu, magnitude 6,2 prema Richteru, prouzročio je oštećenja na brojnim građevinama, uključujući i zgradu *Hrvatski dom* u Petrinji [1]. Nakon što je zgrada doživjela znatna oštećenja uslijed potresa, bilo je potrebno izraditi Projekt cjelovite obnove zgrade prema projektnom zadatku naručitelja [2].

U sklopu projektnog zadatka neophodno je bilo obraditi sve faze razrade projektne dokumentacije, kao i praćenje realizacije projektnog rješenja kroz projektantski nadzor nad pojačanjem konstrukcije:

- prikupiti arhivsku građu, projekte, literaturu i druge informacije potrebne za utvrđivanje geometrije i parametara gradiva za izradu projektne dokumentacije
- vizualnim pregledom građevine utvrditi tip konstruktivnog sustava postojeće zgrade
- pregledom zgrade i mjerenjem utvrditi geometriju za izradu snimka izvedenog stanja i eventualna odstupanja u odnosu na dostupne podloge
- snimiti nosive i nenosive konstruktivne elemente
- pri pregledu snimati nastala oštećenja po nosivim i nenosivim elementima konstrukcije zgrade, iscrtati ih u nacrtima te napraviti pripadajuću fotodokumentaciju
- provesti istražne radove na konstrukciji
- na temelju svih gore navedenih podataka izraditi elaborat ocjene postojećeg stanja građevinske konstrukcije i analizu oštećenja te naručitelju dati smjernice za daljnje postupanje
- izraditi projekte cjelovite obnove u sklopu kojeg je i mapa projekta pojačanja građevinske konstrukcije zgrade
- projekt pojačanja građevinske konstrukcije zgrade mora sadržavati razradu na razini glavnog i izvedbenog projekta
- provoditi kontinuirani projektantski nadzor nad realizacijom projekta pojačanja konstrukcije zgrade.

Sve zgrade koje su građene prije 1964. godine, kada je donesen prvi ozbiljniji seizmički propis u Hrvatskoj, predstavljaju značajan inženjerski izazov pri obnovi nakon potresa. Građevina je izgrađena 50-ih godina prošlog stoljeća (1951. godine) kao zgrada namijenjena kulturnim i pratećim sadržajima. U zgradi su tijekom povijesti djelovali brojni kulturni i društveni sadržaji poput kino-dvorane, gradske knjižnice, ali i ugostiteljski sadržaji poput gradskog restorana.

U sklopu ovog rada pokazat će se ukupan proces obnove, od pregleda, istražnih radova, projektiranja, odabira koncepta pojačanja, kao i provedbe istoga kroz prisutnost u sklopu projektantskog nadzora nad pojačanjem konstrukcije.



Slika 1. Južno pročelje i sjeverno pročelje (prema atriju) [3]



Slika 2. Istočno i zapadno pročelje [3]

Realizaciju projektnog rješenja provela je zajednica ponuditelja koju čine *Toding d.o.o.* i *ing4studio d.o.o.* Postojeće stanje pročelja zgrade prije početka radova obnove prikazano je na slici 1. i slici 2.

2. Namjena i lokacija postojeće zgrade

Postojeća građevina javne je namjene, zauzima čitav gradski blok i omeđena je rubno četirima gradskim prometnicama i pripadajućim javnim pješačkim i parkirnim površinama. Zgrada Pučkog otvorenog učilišta *Hrvatski dom* smještena je u gradskoj jezgri u neposrednoj blizini središnjeg gradskog parka, na adresi Matije Gupca 2 (slika 3.).



Slika 3. Tlocrtna pozicija građevine [4]



Slika 4. Stanje velike dvorane u trenutku početka realizacije projekta [3]



Slika 5. Stanje nenosivih i nosivih zidova uslijed gubitka stabilnosti izvan ravnine [3]

Građevina se u trenutku početka realizacije projektnog zadatka 2022. godine nije koristila, s obzirom na stanje koje je nastupilo nakon potresa. Dijelovi konstrukcijskih i nekonstrukcijskih elemenata u potpunosti su izgubili stabilnost te građevina nije uporabiva.

Zone podrumskih etaža bile u relativno dobrom konstruktivnom stanju, a dijelovi etaže prizemlja i kata značajnije su oštećeni (nosivi konstruktivni elementi i dijelovi nekonstruktivnih elemenata) te predstavljaju opasnost uslijed urušavanja.

Najkritičnijim dijelom građevine smatrala se velika dvorana s obzirom na to da je ona konstruktivno bila najoštećenija. Također, nakon potresa dio je pokrova oštećen, pa je uslijed prodiranja atmosferilija došlo do značajnijeg propadanja konstruktivnih i nekonstruktivnih elemenata. Vlaga i voda natapale su elemente dvorane te su se oni nekontrolirano urušavali u prostor dvorane. Šteta uslijed ovih djelovanja progresivna je te se vremenski vrlo brzo povećavala i na svim ostalim dijelovima građevine jer su bili nezaštićeni.

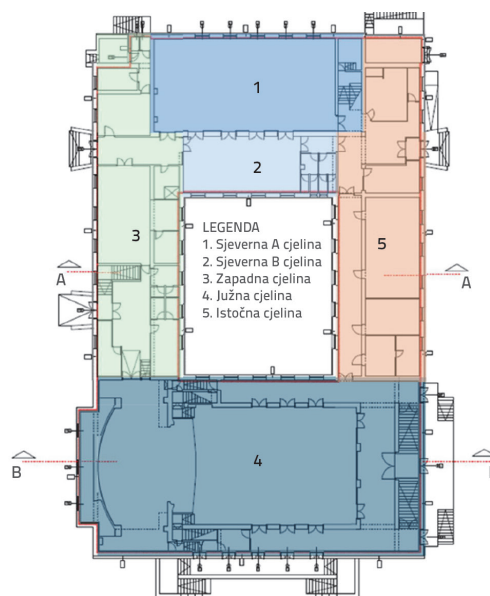
Građevina je izvorno projektirana i izvedena kao javna zgrada prilagođena različitim kulturnim i društvenim sadržajima, u kojoj su smješteni brojni prostori namijenjeni okupljanju većeg broja korisnika. U zgradi se nalazi nekoliko dvorana s kapacitetom od preko 300 korisnika / sjedećih mjesta, kao i velika višenamjenska dvorana u južnoj dilataciji sa 500-tinjak sjedećih mjesta raspoređenih na dvjema etažama (parter i galerija). Osim navedenih sadržaja, u zgradi postoje brojni drugi javni sadržaji poput savjetovališta, logopedске podrške i sl., kao i prateći administrativni, tehnički i spremišni prostori.

U postojećem stanju zgrada je formirana kao samostojeći objekt atrijskog tipa, s centralnim unutrašnjim dvorištem. Pojedine cjeline imaju različitu katnost i gabaritne dimenzije te različite konstruktivne i oblikovne elemente. Zgrada je izgrađena na blagoj padini te je djelomično ukopana u teren suterenskom etažom. Zgrada je samostojeća građevina s otvorenim atrijem u središtu zgrade, a sastoji se od pet komunikacijski međusobno povezanih cjelina.

Katnost i tlocrtne veličine zgrade [1] prikazane na slici 6. su sljedeće:

1. sjeverna cjelina A: etažnost Su+P+1, tlocrtne veličine oko 35,00 x 11,00 m
 2. sjeverna cjelina B: etažnost Su+P, tlocrtne veličine oko 16,00 x 6,00 m
 3. zapadna cjelina: etažnost Su+P, tlocrtne veličine oko 25,00 x 9,00 m
 4. južna cjelina: etažnost Su+P+Galerija, tlocrtne veličine oko 40,00 x 19,00 m
 5. istočna cjelina: etažnost Su+P+Pk, tlocrtne veličine oko 25,0 x 10,0 m
- otvoreni centralni atrij je tlocrtne veličine oko 19,0 x 16,0 m.

Površina katastarske čestice na kojoj se zgrada nalazi iznosi 2667 m². Zgrada je na katastarskoj čestici sa svojim aneksima, vanjskim prilaznim stubama i podestima smještena uz sve susjedne granice čestice (osim jugoistočne – javno-prometne površine). Tlocrtna površina zgrade (prema posjedovnom listu) iznosi 1870 m². Sve su cjeline međusobno konstruktivno povezane, ali različite su katnosti i visine etaža, kao i konstruktivni sustavi i korištena gradiva.



Slika 6. Tlocrtno prikazane cjeline građevine [1]

3. Opis postojeće konstrukcije zgrade

U konstrukcijskom smislu građevina je izvedena kao jedna dilatacija, s glavnim središnjim atrijem oko kojeg su izvedene različite konstrukcije, različitih konstruktivnih sustava, gradiva i etažnosti. Prema dijelu dostupne arhivske dokumentacije građevina je osnovno projektirana i realizirana u više faza gradnje. Osnovnom dokumentacijom predviđene su tri etape gradnje. Prva faza (etapa) projektirana je 1951. godine. U toj fazi predviđena je gradnja sjevernog dijela građevine sa sadašnjom knjižnicom i dio zapadnog i istočnog aneksa. U drugoj fazi iste godine projektirana je izgradnja ostatka građevine; velika dvorana i dijelovi zapadnog i istočnog aneksa. Na slici 7. prikazan je tlocrt prizemlja građevine sa svim dijelovima.

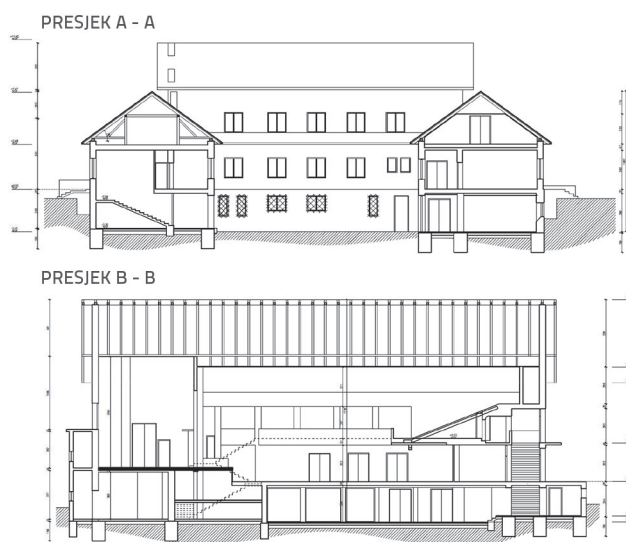
Već 1952. godine predviđena je rekonstrukcija podruma i skloništa koji su prema zatečenom stanju dijelom i izvedeni. Kao arhivska dokumentacija također je dostupna rekonstrukcija pojedinih dijelova građevine u vidu idejnih rješenja i skica iz 1959. i 1960. godine. S obzirom na to da nije dostupna potpuna dokumentacija, nije moguće sa sigurnošću utvrditi u kojoj su mjeri projektirana rješenja i izvedena.

Tijekom daljnjeg korištenja građevine naknadno su izvedene dodatne rekonstrukcije i dijelom je dostupna projektna dokumentacija rekonstrukcije koja je izrađena 1985. godine. U rekonstrukciji su projektirani dijelovi konstrukcije ploča u podrumu i pozornici, dodatna stropna ploča koja je današnji pod knjižnice i dodatno stubište kao komunikacija. Može se zaključiti kako i prema tom projektu nije sve izvedeno, odnosno radile su se određene prilagodbe prilikom izvođenja za koje nema projektnog traga.

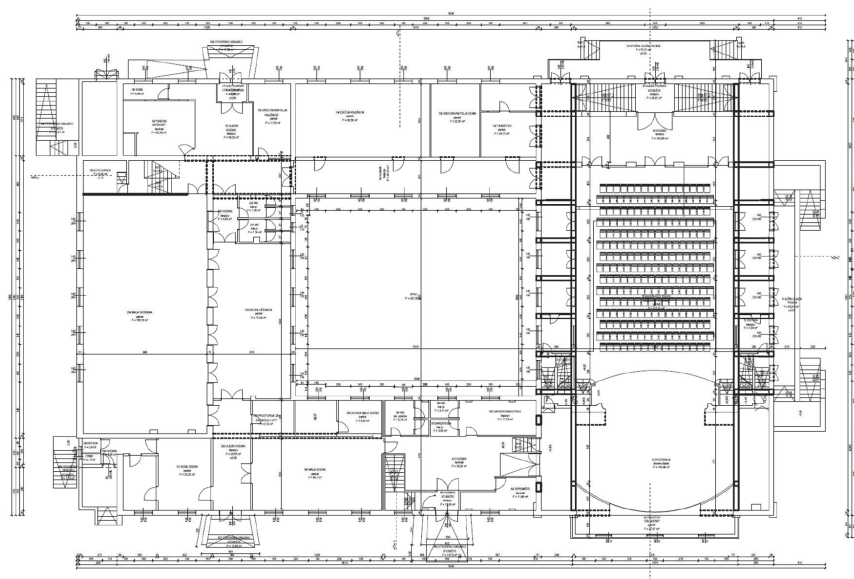
Nakon navedene rekonstrukcije dostupna je dokumentacija (arhitektonsko rješenje) o izvedbi odnosno privođenju potkrovlja u poslovni prostor u istočnom aneksu. Osim izvedbe odnosno prilagođavanja komunikacije tom prostoru izvedena je AB stropna ploča na postojećoj drvenoj konstrukciji podgleda iznad

prizemlja. Nije dostupna dokumentacija o statičkom proračunu kao ni detalji izvedbe navedene ploče, već samo njezina debljina. S obzirom na zatečeno stanje građevine dobiveno snimkom postojećeg stanja za vjerovati je da su se tijekom korištenja građevine izvodili dodatni manji zahvati na konstrukciji na način da su se prostori funkcionalno prilagođavali trenutnim potrebama.

Glavnu nosivu vertikalnu konstrukciju uglavnom čine uzdužni i poprečni zidovi promjenjive debljine kroz etaže zidani punom opekam od gline starog formata u vapnenom mortu. Stupovi u podrumu u zoni velike i male dvorane izvedeni su kao AB vjerojatno prilikom navedenih rekonstrukcija. Iznad stupova također su vjerojatno dijelom naknadno izvedene čelične grede čiji se sastav može vidjeti iz istražnih radova. Na slici 8. prikazani su presjeci kroz zapadnu i istočnu cjelinu te kroz južnu cjelinu.



Slika 8. Presjek A-A i presjek B-B [5]



Slika 7. Tlocrtni prikaz prizemlja [5]

Stropna konstrukcija iznad podruma uglavnom je izvedena kao polumontažni strop vjerojatno starog formata ("monta"). Pojedini dijelovi stropa iznad podruma izvedeni su kao drveni grednici kako je to prikazano u daljnjim obradama. U zoni podruma naknadno je izvedena rekonstrukcija gdje je dio stropa izveden kao polumontažni "monta" strop u zoni spremišta, a dio je izveden kao AB ploča.

Pri rekonstrukciji prizemlja naknadno je izveden sustav AB roštiljnih greda kao pod knjižnice, a za što postoje armaturni nacrti. U zoni stropa iznad zapadnog i istočnog aneksa originalno su bila izvedena krovišta kao drvene visulje na čijim je vezačima bio izveden podgled u

vidu drvene potkonstrukcije. Dio stropnih konstrukcija galerije velike dvorane izveden je kao drvena konstrukcija na roštilju AB greda. Na dijelu iza pozornice stropne konstrukcije su AB ploče, a kosa ploča gledališta izvedena je kompletno kao drvena konstrukcija.

U prizemlju dvorane prema osnovnoj dokumentaciji izveden je konstruktivni sustav, potvrđen djelomično istražnim radovima, kao sustav AB stupova i greda oko kojih se zidalo ispunsko žiđe u istoj debljini. Iznad prizemlja (pod galerije i gledališta na katu) na takvoj je AB roštiljnoj konstrukciji izvedena drvena konstrukcija kao pod i strop. Takav konstruktivni sustav ponavlja se i na galeriji do krovne konstrukcije.

Krovna konstrukcija izvedena je u potpunosti kao drvena konstrukcija koja je trenutno u vrlo lošem stanju zbog prokišnjavanja.

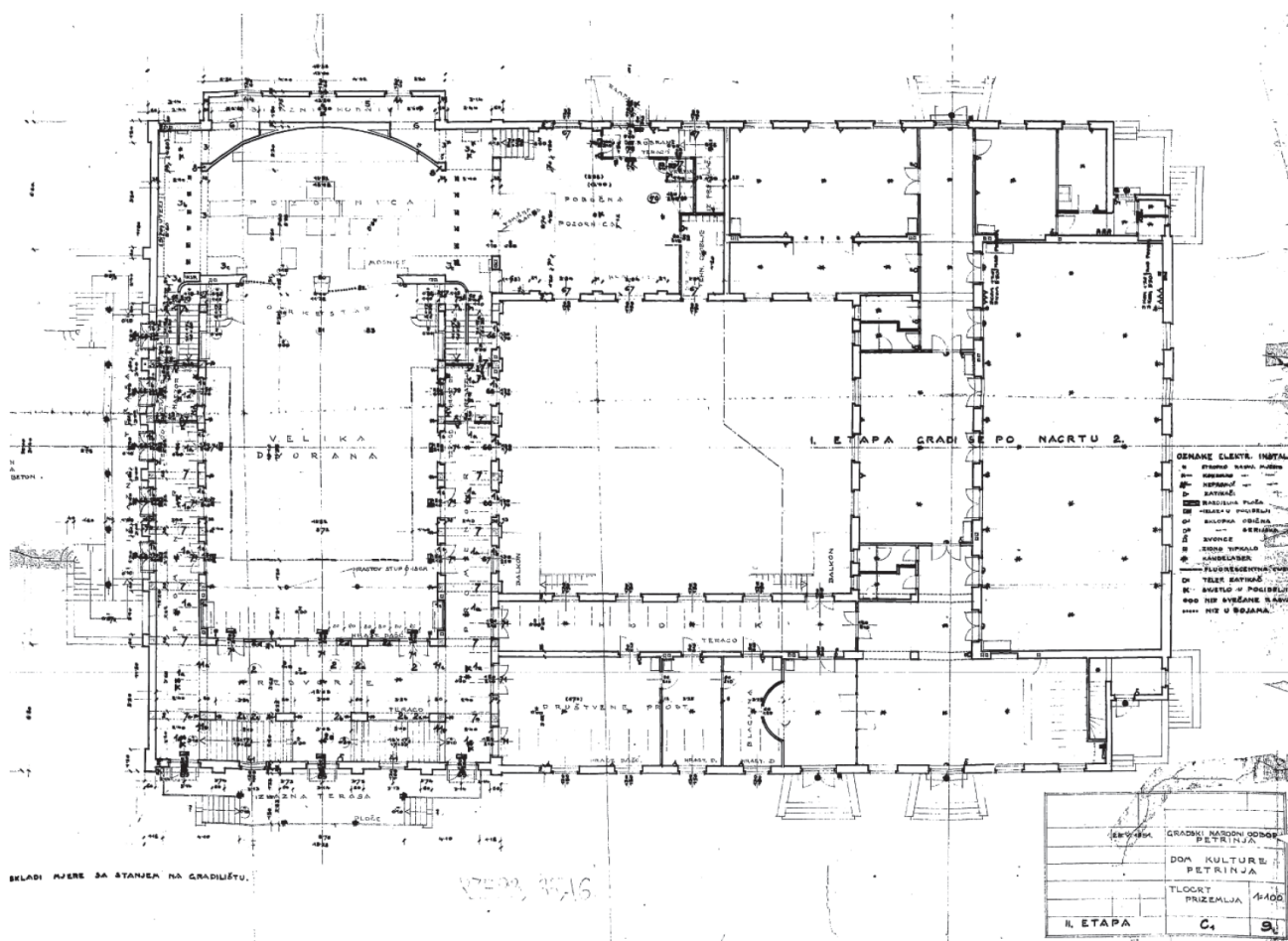
Temeljna konstrukcija nije poznata. Prema osnovnoj arhivskoj dokumentaciji vidljivi su obrisi temeljne konstrukcije kao temeljne trake koje su šire od debljine zida.

4. Izrada Elaborata ocjene postojećeg stanja

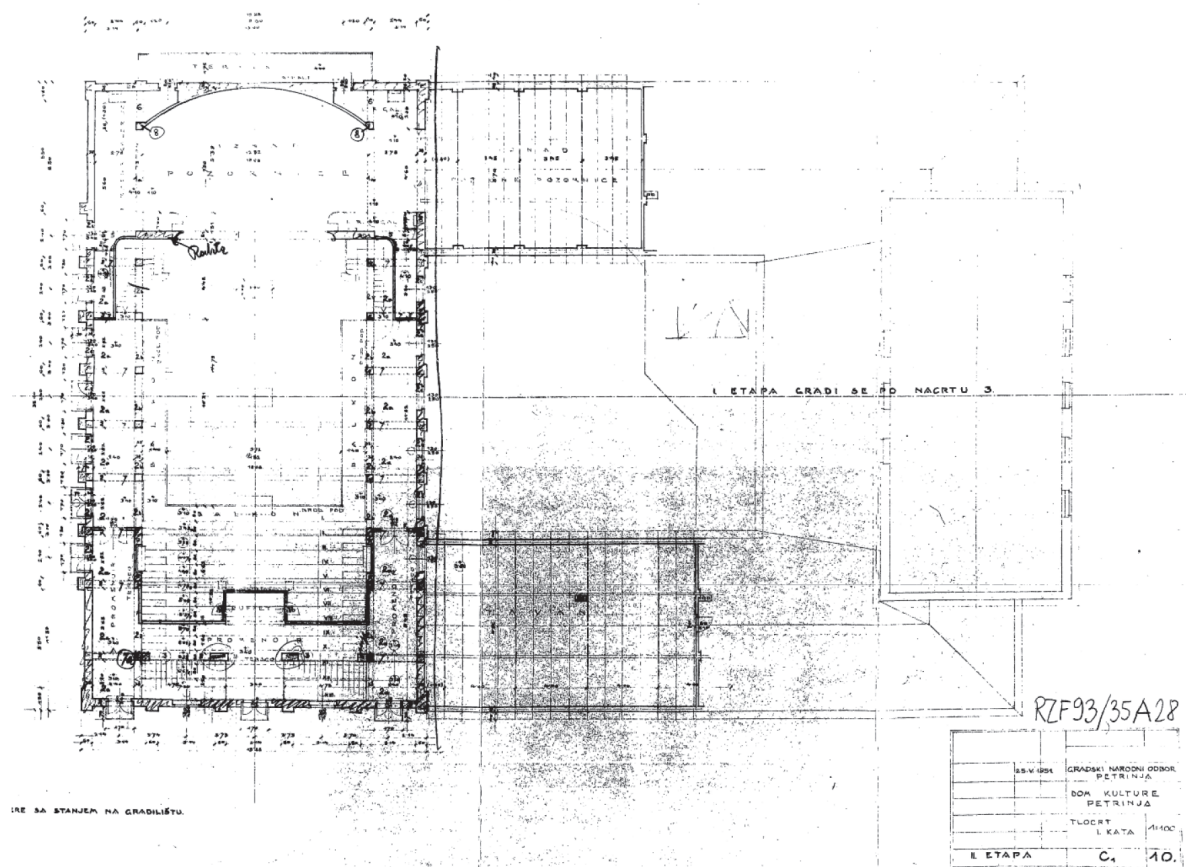
4.1. Arhivska dokumentacija

Pri izradi Elaborata ocjene postojećeg stanja korištena je sva dostupna arhivska projektna dokumentacije koja je prikupljena. S obzirom na to da je građevina u gradu koji je pretrpio i ratna razaranja i znatno oštećen potresom, za vjerovati je da je dobar dio dokumentacije iz arhiva izgubljen. Prikupljena je sljedeća arhivska dokumentacija:

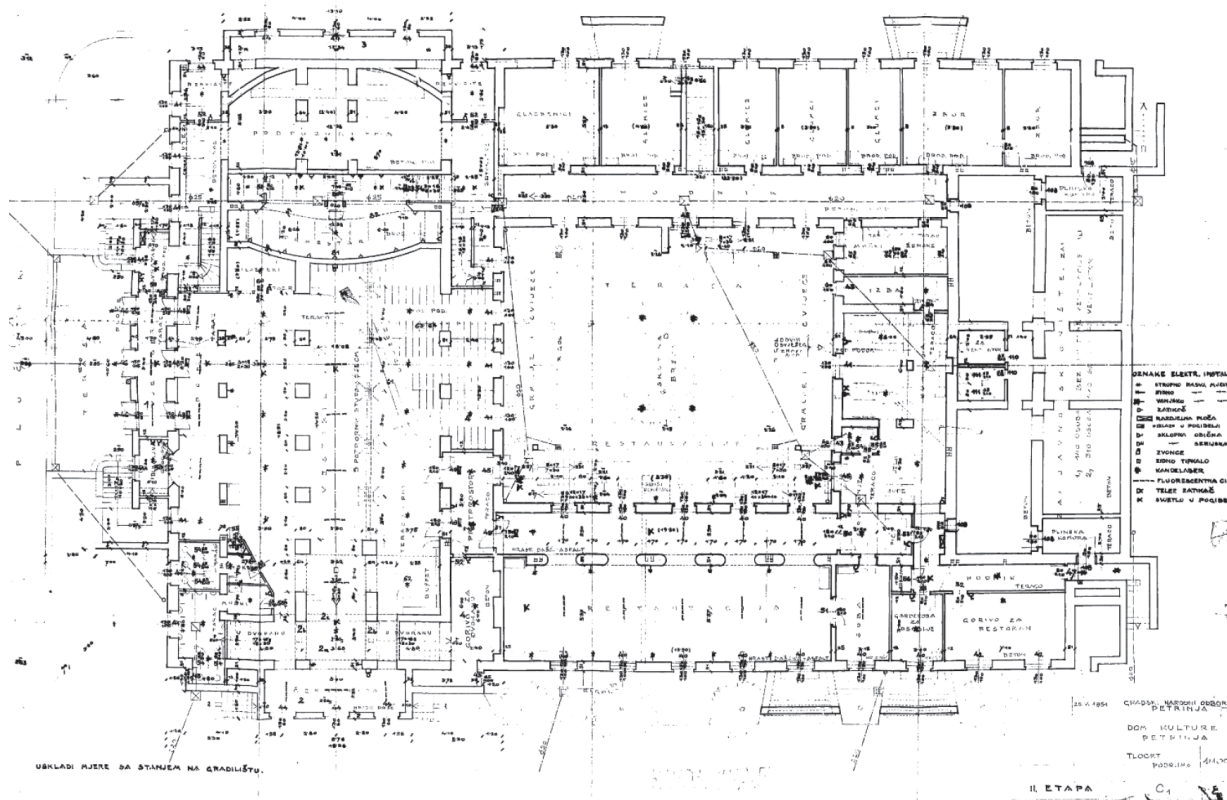
- Arhitektonski nacrti etape I., II. i III. iz 1951., 1952., 1959. i 1960. godine.
- Statički proračun i armaturni nacrti rekonstrukcije iz 1985. godine
- Troškovnik radova rekonstrukcije iz 1985. godine
- Arhitektonski nacrti rekonstrukcije potkrovlja iz 2005. godine
- Elaborat ocjene postojećeg stanja izrađen u kolovozu 2021. godine, TD 110-21
- Mapa I, II i III: Energetske obnove (Arhitektonski projekt, projekt racionalne uporabe energije i toplinske zaštite, elektrotehnički projekt), ZOP 117-20.



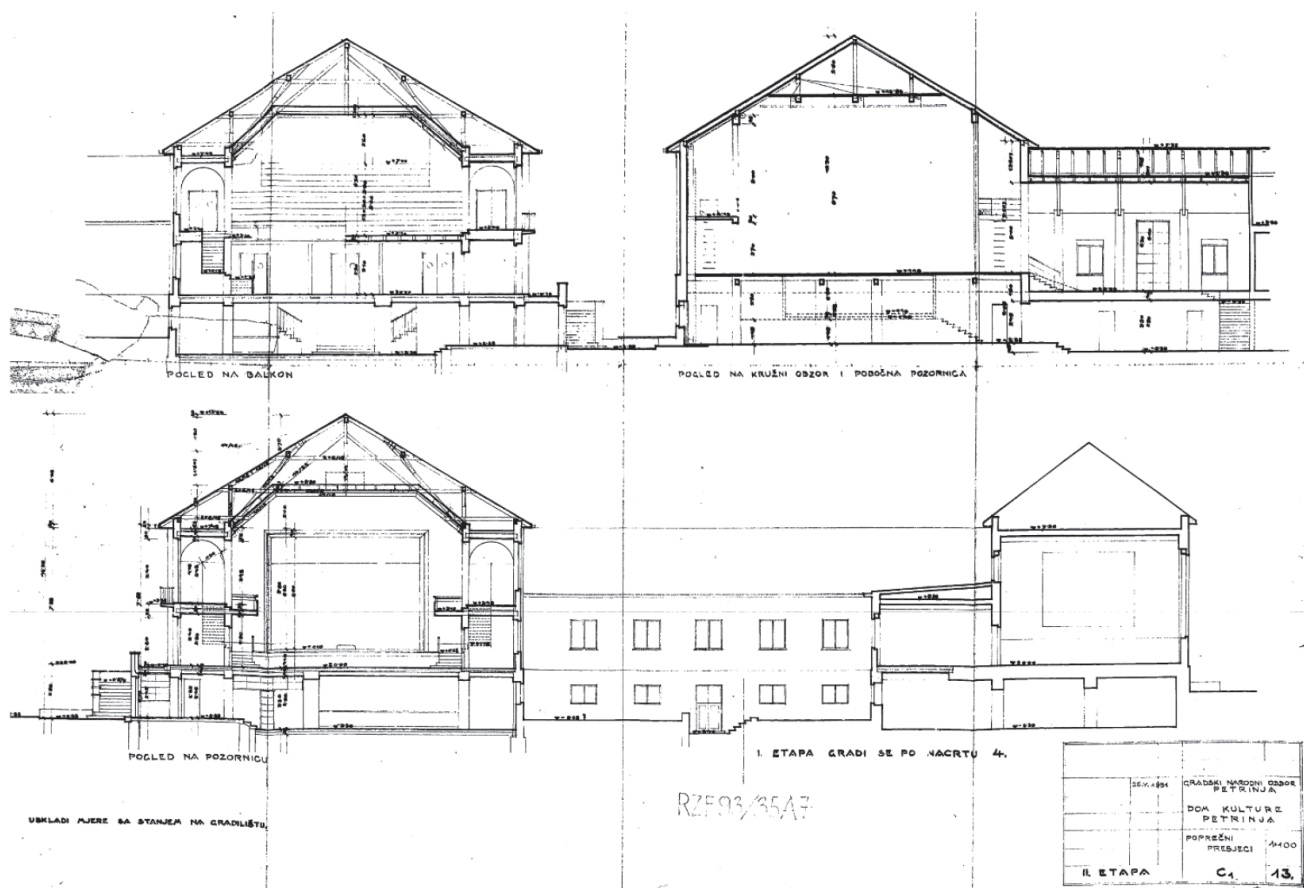
Slika 9. Tlocrt podruma – II. faza, arhivska dokumentacija iz 1951. [6]



Slika 10. Tlocrt prizemlja – II. faza, arhivska dokumentacija iz 1951. [6]



Slika 11. Tlocrt 1.kata – II. faza, arhivska dokumentacija iz 1951. [6]



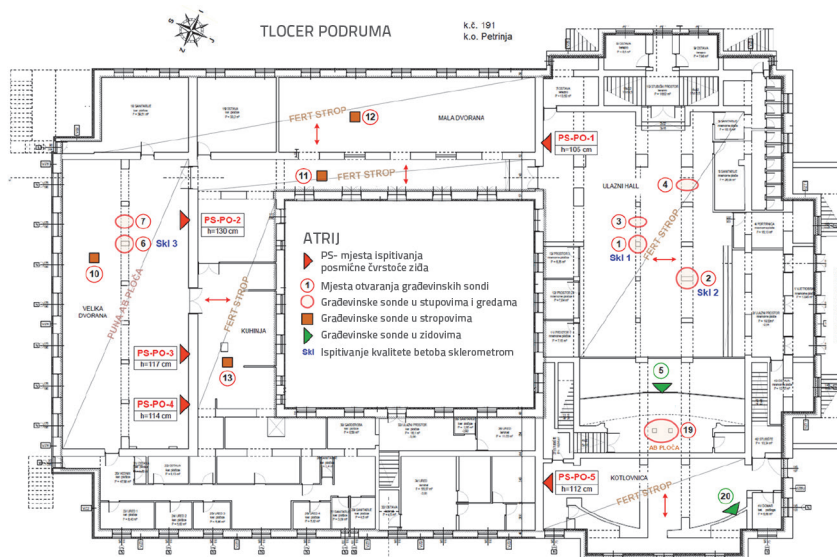
Slika 12. Presjeci – II. faza, arhivska dokumentacija iz 1951. [6]

Primjeri iz arhivske dokumentacije, Ministarstva kulture i medija – mikroteka kulturne baštine, prikazani su na nekoliko slika u nastavku. Iako se prikazana dokumentacija čini relativno skromnom i nečitkom, dragocjena je i izuzetno vrijedna u analizi postojećeg sustava građevine.

Analizom postojeće arhivske dokumentacije može se zaključiti da je građevina tijekom svoje povijesti proživjela više intervencija, kako u nosivu konstrukciju, tako i kroz različite promjene zbog prenamjene prostora pojedinih dijelova. Iz osnovne arhivske dokumentacije vidljivi su obrisi nosive konstrukcije (opeka, beton, raster greda, itd...), ali nije dostupan statički proračun iz kojega bi se mogla jasno utvrditi nosiva konstrukcija.

Rekonstrukcije koje su izvedene (npr. iz 1985.) djelomično su izvedene, ali pregledom građevine na licu mjesta vidljiva su odstupanja od dokumentacije. Statički proračun čija je naslovna strana priložena nema pripadajući plan pozicija niti planove oplata, pa nije moguće samo na osnovi proračunskog dijela zaključiti

gdje se koja pozicija nalazi. Armaturni nacrti mogu se djelomično pročitati odnosno zaključiti logikom gdje se pojedine pozicije nalaze, ali s obzirom na to da nije dostupan plan oplata, također nije sasvim jasno gdje su pojedini nosivi elementi predviđeni.



Slika 13. Primjer dispozicije istražnih tlocrtu podruma [7]

4.2. Istražni radovi na konstrukciji

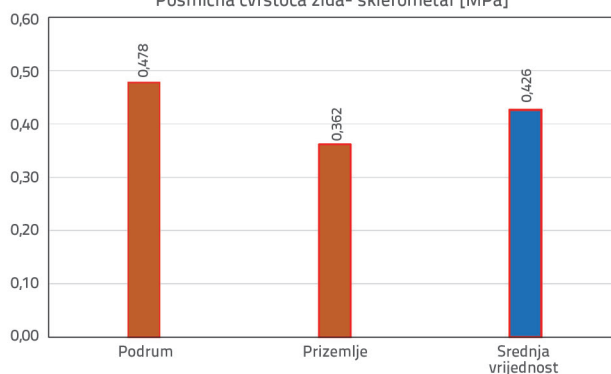
Istražni radovi provedeni su za predmetnu građevinu te je Laboratorij za ispitivanje konstrukcija Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu [7] napravio izvješće kao zaseban dokument u kojem su opisani detaljni rezultati i analize. Prethodno ispitivanju napravljena je analiza postojeće dokumentacije, odnosno nepoznati su dijelovi označeni kao mjesta za istražne radove. U sklopu istražnih radova napravljene su sondažne jame za određivanje debljine pojedinih nosivih zidova, otvoreni su stropovi za utvrđivanje sastava stropnih konstrukcija i ispitana posmična čvrstoća zidanog zida na pojedinim pozicijama građevine. Dodatno, istražene su zone AB konstrukcije s ugrađenom armaturom s obzirom na to da se u pojedinim zonama građevine pojavljuje armiranobetonska konstrukcija koja je ispunjena zidanim zidom. Potencijalne zone u kojima su izvođene rekonstrukcije ispitane su u vidu vrste materijala koje su ugrađivane s obzirom na to da nije dostupna postojeća dokumentacija.

Dodatno su predviđeni i istražni radovi na svim konstrukcijskim elementima za koje se, na temelju prethodnih radnji, nije mogao pouzdano utvrditi materijal ili njihova uloga u konstrukcijskom sustavu građevine. Cilj je ovih radova izrada što točnijeg proračunskog modela koji će poslužiti za ocjenu postojećeg stanja konstrukcije. Primjeri izvedbe istražnih radova prikazani

su na slikama 15. i 16., a ispitivanja posmične čvrstoće zidanog zida na slici 14.



Hrvatski dom, Petrinja, Ulica Matije Gupca 2
Posmična čvrstoća zida- sklerometar [MPa]



Slika 14. Primjeri ispitivanja posmične čvrstoće zidanog zida [7]

4.3. Ciljana razina pojačanja građevinske konstrukcije

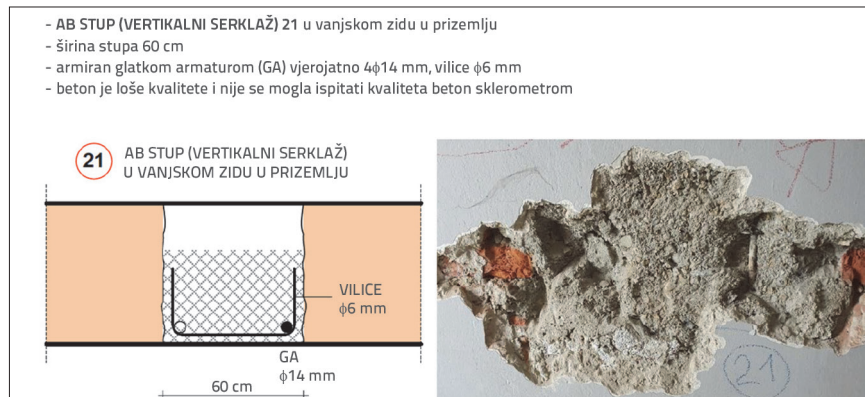
Prema Tehničkom propisu za građevinske konstrukcije i Tehničkom propisu o izmjeni i dopuni tehničkog propisa za građevinske konstrukcije [8] predviđa se popravak konstrukcije uz pojačanja kojima se postiže mehanička otpornost i stabilnost zgrade na potresno djelovanje za stanje značajnog oštećenja.

Stanje oštećenja konstrukcije u HRN EN 1998-3 [9] definirano je trima graničnim stanjima (GS):

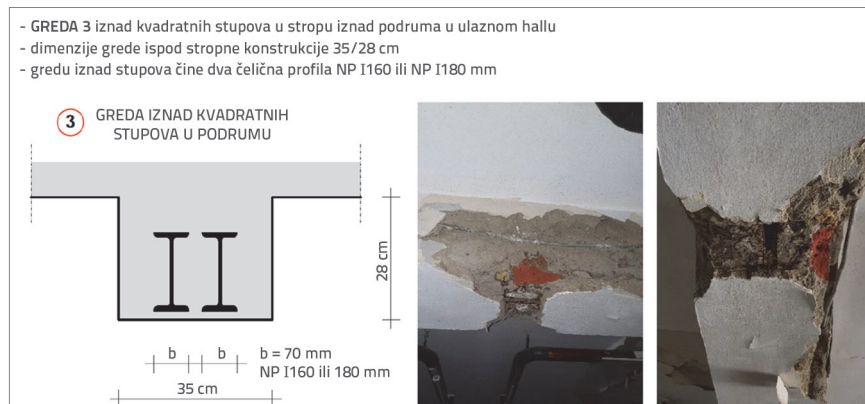
- GS blizu rušenja (BR)
- GS znatnog oštećenja (ZO)
- GS ograničenog oštećenja (OO).

Prema hrvatskom nacionalnom dodatku HRN EN 1998-3 pri ocjenjivanju i obnovi zgrada kontrolira se granično stanje znatnog oštećenja (ZO) i granično stanje ograničenog oštećenja (OO).

Izmjenom i dopunom Tehničkog propisa za građevinske konstrukcije definirane su razine obnove građevinskih konstrukcija nakon potresa. Prema navedenom Propisu zbog zgrade javne namjene obnova se mora provesti na Razinu 3 – pojačanje konstrukcije, što u ovom konkretnom slučaju znači da vršno ubrzanje tla iznosi $a_{gR} = 0,114 g$.



Slika 15. Primjeri izvedbe istražnih radova na nosivim elementima betonskih elemenata unutar zidanog zida [7]



Slika 16. Primjeri izvedbe istražnih radova na nosivim elementima skrivenih čeličnih greda oblogama [7]

Tablica 1. Korišteni parametri za proračunski model

A_g/g	0,114
Tip tla	C
Faktor ponašanja (q)	1,5
Faktor važnosti građevine	1,2 (razred obnove 3)
Razina znanja (RZ)	2
Faktor povjerenja (FP)	1,2
$F_{vk,0}$ (N/mm ²)	0,18

Razinom obnove 3 treba postići indeks znatnog oštećenja konstrukcije (IZO) najmanje 0,75. U ovoj razini obnove obvezna je, osim provjere graničnog stanja znatnog oštećenja, i provjera graničnog stanja ograničenog oštećenja prema HRN EN 1998-3 za potresno djelovanje određeno za potres s poredbenom vjerojatnosti premašaja od 10 % u 10 godina (poredbeno povratno razdoblje 95 godina) i faktor važnosti za zgrade prema HRN EN 1998-1 [10]. Indeks znatnog oštećenja konstrukcije (IZO) omjer je proračunske potresne otpornosti i zahtjeva za konstrukciju za granično stanje znatnog oštećenja. Proračunska potresna otpornost vrijednost je potresnog djelovanja iskazanog kao vršno ubrzanje tla tipa A za koje konstrukcija doseže granično stanje znatnog oštećenja. Zahtjev za konstrukciju za granično stanje znatnog oštećenja poredbeno je potresno djelovanje koje se iskazuje kao poredbeno vršno ubrzanje tla tipa A za poredbeno povratno razdoblje 475 godina (vjerojatnost premašaja 10 % u 50 godina).

Nakon detaljnog pregleda oštećenja konstrukcije i provedenih istražnih radova, i kontrolnog proračuna potresne otpornosti postojećeg stanja, zaključeno je kako je građevina pogodna za obnovu na razinu 3 prema Tehničkom propisu za građevinske konstrukcije.

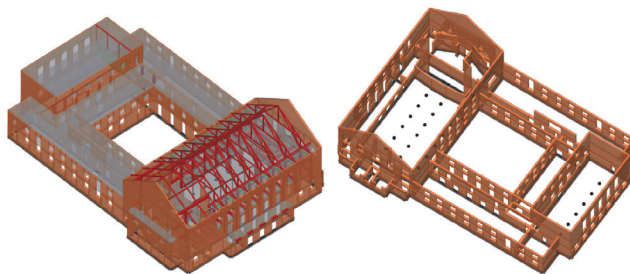
4.4. Proračunski model i provjera potresne otpornosti nosivih elemenata zidanog zida u ravnini

Proračunski model neophodno je napraviti što realnije na temelju svih prethodno prikupljenih podataka. Odabir rubnih uvjeta modela, način modeliranja stropnih konstrukcija, kao i definiranje metode seizmičkog proračuna sa svim parametrima uvelike utječu na dobivene rezultate, slika 17.

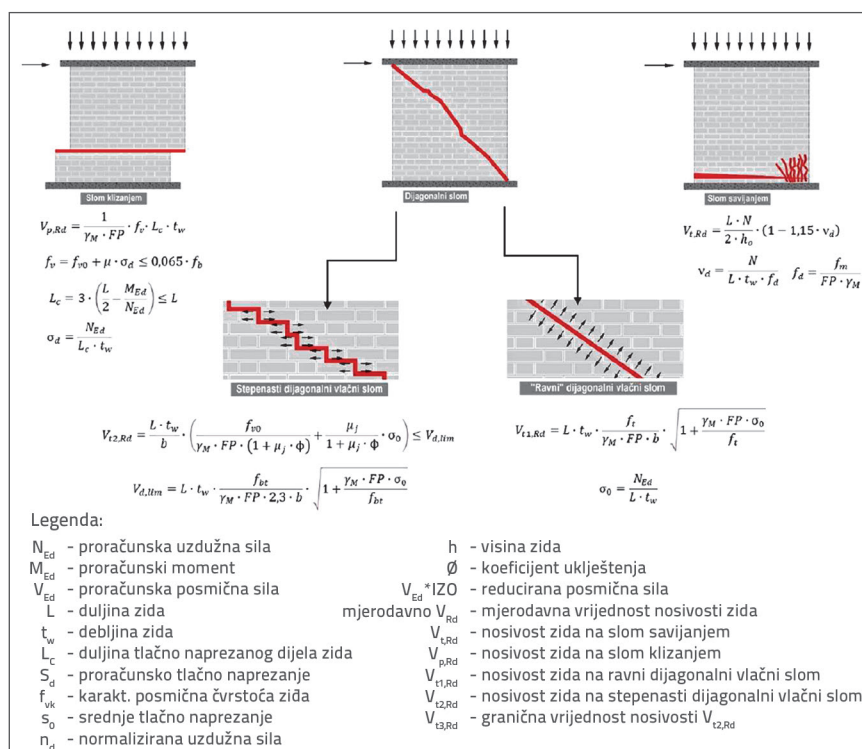
Konstrukcije polumontažnog "monta" stropa i drvenih grednika modelirane su kao ortotropne tako da se napravio proračun parametara krutosti takve konstrukcije (E_x , E_y , G). Pregradni

zidovi u proračunskom modelu nisu se modelirali jednako kao i krovna konstrukcija. Uzeti su kao opterećenje prema analizi opterećenja. Utjecaj pregradnih zidova ima pozitivan učinak na otpornost konstrukcije, pa je njihovo izostavljanje u proračunskom smislu na strani sigurnosti i opravdano.

Modalni proračun primjenom spektra odziva je proveden u skladu s važećim propisima za projektiranje potresne otpornosti (HRN EN 1998-1), uz upotrebu proračunskog spektra odziva. Upotrijebljen je CQC (engl. *Complete Quadratic Combination - CQC*), postupak modalnog kombiniranja uz zadovoljenje kriterija aktivacije 90 % mase konstrukcije. Ekscentricitet od 5 % uzet je u obzir pri proračunu, a faktor ponašanja pretpostavljen je s vrijednošću od 1,5 prema HRN EN 1998-3. Uzeto je u obzir raspucalo stanje konstrukcije jer se pretpostavlja da će zgrada doseći stanje značajnog oštećenja (ZO). Za modalnu analizu uzdužna krutost zidova u ravnini uzeta je u iznosu 50 % elastične krutosti te stropnih ploča, stupova i greda na savijanje u iznosu 50 % elastične krutosti. Koeficijent važnosti zgrade je 1,2 prema HRN EN 1998-3 budući da se radi o javnoj zgradi, tablica 1.



Slika 17. 3D proračunski model za izradu EOPS-a [11]



Slika 18. Izrazi za oblike slomova postojećeg zidanog zida u ravnini [11]

Nosivost zidova i nadvoja određena je mehanizmima sloma koji mogu biti raznoliki, slika 18. Za određivanje otpornosti nekog nosivog zida promatrani su svi mehanizmi sloma te je odabran prevladavajući. Parametri postojećeg zidanog zida preuzeti su prema tablici 2., dok su otpornosti zidova, nadvoja i greda uzete su prema HRN EN 1998-3. Nosivosti presjeka armiranobetonskih greda proračunate su na temelju čvrstoće betona i pretpostavljene minimalne armature prema HRN EN 1998-3, HRN EN 1992-1-1.

Tablica 2. Parametri postojećeg zidanog zida [11]

Vrsta zida	Zid od pune opeke	
E	1500	Youngov modul elastičnosti [MPa]
G	500	Modul posmika [MPa]
γ	18	Zapreminska težina [kN/m ³]
$f_{vk,0}$	0,18	karakteristična početna posmična čvrstoća [kN/m ³]
f_b	15,0	srednja tlačna čvrstoća zidnih elemenata [N/mm ²]
f_m	3,40	srednja vrijednost tlačne čvrstoće zida [N/mm ²]
f_{bt}	1,50	srednja vlačna čvrstoća zidnog elementa ($0,1 f_b$) [N/mm ²]
f_t	0,11	srednja vrijednost vlačne čvrstoće zida [N/mm ²]
μ	0,50	koef. unutarnjeg trenja (0,5 za staro žiđe)
f_d	1,89	proračunska tlačna čvrstoća zida [N/mm ²]

Bitno je napomenuti kako su pojedini modelirani elementi postavljeni parametarski na način da se dobiju što točniji

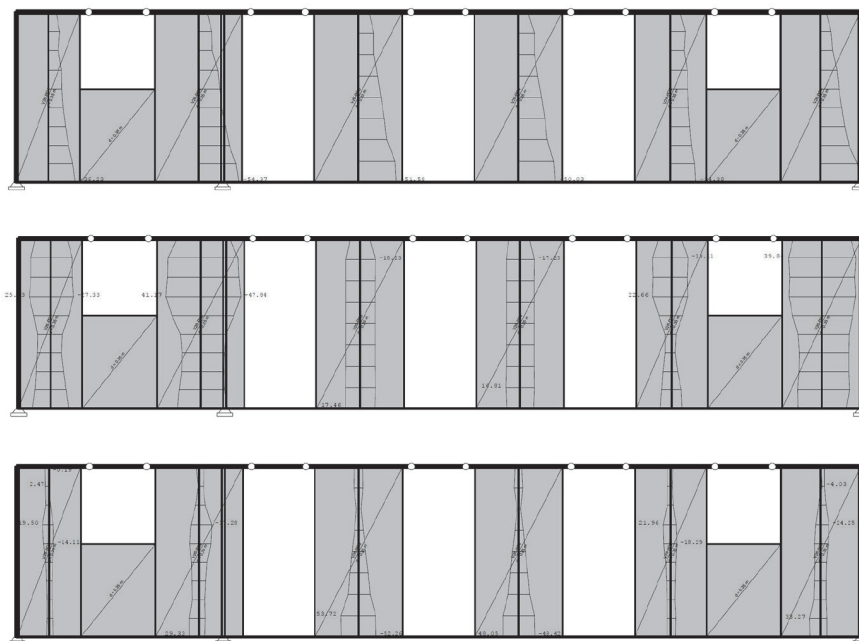
rezultati u vertikalnim zidnim elementima, AB stupovima i gredama. To znači da su se stropne konstrukcije modelirale tako da se simulira krutost stropne dijafragme i njena težina. Utjecaji u zamjenskim pločastim elementima nisu mjerodavni i ne služe za dimenzioniranje na statičke (vertikalne utjecaje).

Na proračunskim modelima za potres krovišta se izuzev velike dvorane nisu modelirala jer nemaju značajan utjecaj na seizmičko ponašanje zgrade u cjelini osim opterećenja koje je zadano kao linijsko zamjensko.

Sve drvene dijafragme u proračunskom modelu modelirane su tako da su spojene s vanjskim zidovima, što u naravi nije poznato. S obzirom na to da su se fasadni zidovi upravo u tim zonama odvojili nekoliko centimetara od podgleda, jasne su indikacije da je došlo do otkazivanja istih izvan ravnine. Također, zbog izrade proračuna neophodno je pretpostaviti krutosti drvenih dijafragmi, ali budući da se radi o drvenim grednicama s daskama, nije moguće točno procijeniti njihove krutosti u oba ortogonalna smjera.

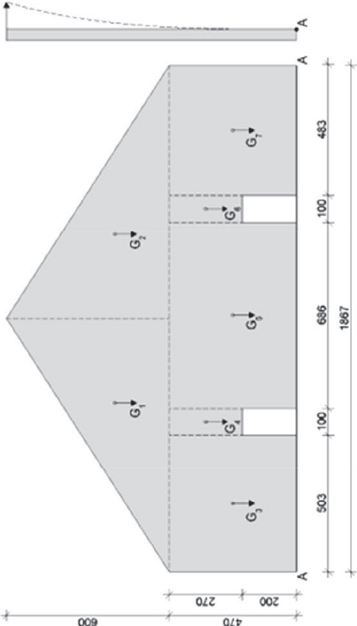
Proračunski model koristi se isključivo za analizu vertikalnih elemenata, zidanih zidova u ravnini te za dimenzioniranje armiranobetonskih stupova i greda. Stabilnost zidova izvan ravnine bit će zasebno analizirana prema realnom modelu pridržanja budući da je upravo taj mehanizam predstavlja mjerodavan kriterij otkazivanja pri potresu, što je na građevini potvrđeno zabilježenim pomacima nakon potresa. Zbog složenosti modeliranja i provjere nosivosti nadvoja i parapeta u zidovima s otvorima, oni se neće promatrati. Pucanje, odnosno otkazivanje iznad razine elastične nosivosti nadvoja i parapeta može se dogoditi, ali ne smije doći do

njihovog potpunog otkazivanja, čime bi se potencijalno ugrozila stabilnost stropne konstrukcije i moglo dovesti do kolapsa dijela građevine. Upravo se iz tog razloga pretpostavlja da će nadvoji odnosno parapeti ispucati odnosno otkazati prije vertikalnih stupnjaka zida. Kako bi se umanjio utjecaj zidanih nadvoja i parapeta te uzeo gore opisani efekt, isti su modelirani tako da se za seizmičku kombinaciju uzima 30 % aksijalne krutosti i krutosti na savijanje. Izrazi prema kojima je napravljena kontrola pojedinih zidova dani su u nastavku. Prema izrazima su na temelju sila iz prostornog proračunskog modela tablično proračunati svi zidovi na kriterije otkazivanja u ravnini te su prikazane iskorištenosti pojedinih za vršno ubrzanje tla za IZO = 1,0.



Slika 19. Primjer N_{Ed} , T_{Ed} i M_{Ed} sila u zidovima na temelju kojih se ulazi u proračun [11]

PRORAČUN POSMIČNE NOSIVOSTI POSTOJEĆEG ZIDA U RAVNINI - IZO < DA ZIDOVİ ZADOVOLJAVAJU																																		
Ulazni parametri:													$f_{ct} = 1.50$ N/mm ²		$\gamma_{mat} = 1.50$ N/mm ²		koef. sigurnosti materijala																	
$f_{ct} = 15.00$ N/mm ²													$f_{ct} = 0.11$ N/mm ²		$FP = 1.20$ N/mm ²		faktor povjerenja																	
$f_{ct} = 3.40$ N/mm ²													$\mu = 0.50$ N/mm ²		$IZO = 0.25$		IZO koeficijent																	
$f_{ct} = 1.89$ N/mm ²			proračunska tlačna čvrstoća zida:										$a_{gr} = 0.15$ g		vršno ubrzanje tla																			
ULAZNI PODACI													ZIDOVİ - SMJER X																					
													SLOM KLIZANJEM										DIJAGONALNI VLAČNI SLOM						SLOM SAVIJANJEM		KONTROLA			
ZID	N _{ed} [kN]	M _{ed} [kNm]	V _{ed} [kN]	L [cm]	t _w [cm]	h [cm]	Ø	V _{1,z} ± IZO [kN]	L _c [cm]	σ _d [N/mm ²]	f _{yk} [N/mm ²]	V _{2,zd} [kN]	σ _s [N/mm ²]	V _{1,zd} [kN]	V _{2,zm} [kN]	V _{0,zd} [kN]	V _d [N/t ₀ t _s t _d]	V _{0,zd} [kN]	Mj _{erodavno} V _{ed} [kN]	Iskoristivost	UVJET V _{red} > V _{ed}													
H2-PR1	45.00	28.00	70.00	112.00	40.00	330.00	1.00	17.5	112.00	0.0100	0.1850	46.1	0.0100	15.1	58.3	15.2	0.05	14.3	14.3	122.05%	✗													
H2-PR2	103.00	68.00	102.00	208.00	40.00	330.00	1.00	25.5	208.00	0.0124	0.1862	86.1	0.0124	55.7	203.6	57.1	0.07	60.0	55.7	45.74%	✓													
H2-PR3	95.00	80.00	76.00	190.00	40.00	330.00	1.00	19.0	190.00	0.0125	0.1863	78.6	0.0125	46.7	170.0	47.9	0.07	50.5	46.7	40.71%	✓													
H2-PR4	106.00	86.00	74.00	218.00	40.00	330.00	1.00	18.5	218.00	0.0122	0.1861	90.1	0.0122	60.9	223.4	62.3	0.06	64.8	60.9	30.40%	✓													
H2-PR5	106.00	40.00	75.00	195.00	40.00	330.00	1.00	18.8	195.00	0.0136	0.1868	80.9	0.0136	50.6	180.1	52.3	0.07	57.5	50.6	37.08%	✓													
H2-PR6	90.00	40.00	65.00	185.00	40.00	330.00	1.00	16.3	185.00	0.0122	0.1861	76.5	0.0122	43.8	160.9	44.8	0.06	46.7	43.8	37.07%	✓													
H2-PR7	102.00	43.00	60.00	220.00	40.00	330.00	1.00	15.0	220.00	0.0116	0.1858	90.8	0.0116	61.0	226.9	62.2	0.06	63.2	61.0	24.58%	✓													
H2-PR8	100.00	47.00	60.00	200.00	40.00	330.00	1.00	15.0	200.00	0.0125	0.1863	82.8	0.0125	51.7	188.4	53.7	0.01	56.0	51.7	29.01%	✓													
H2-PR9	100.00	53.00	45.00	191.00	40.00	330.00	1.00	11.3	191.00	0.0131	0.1865	79.2	0.0131	47.9	172.3	49.3	0.07	53.3	47.9	23.49%	✓													
H2-PR10	104.00	107.00	152.00	315.00	40.00	330.00	1.00	38.0	315.00	0.0127	0.1863	130.4	0.0127	128.9	467.8	132.4	0.07	140.9	128.9	29.47%	✓													
H2-PR11	204.00	127.00	229.00	144.00	40.00	230.00	1.00	57.3	144.00	0.0354	0.1977	63.3	0.0354	57.4	156.0	70.4	0.19	100.2	57.4	99.65%	✓													
H2-PR12	546.00	675.00	284.00	213.00	40.00	230.00	1.00	71.0	213.00	0.0641	0.2120	100.4	0.0641	164.3	380.2	238.9	0.34	308.4	100.4	70.74%	✓													
H3-PR13	195.00	203.00	101.00	328.00	40.00	230.00	1.00	25.3	328.00	0.0149	0.1874	136.6	0.0149	211.8	735.9	221.2	0.08	252.9	136.6	18.48%	✓													
K3-PO1	353.00	300.00	307.00	542.00	35.00	430.00	1.00	76.8	542.00	0.0186	0.1893	199.5	0.0186	299.9	958.2	316.3	0.10	394.5	199.5	38.47%	✓													
K3-PO1	250.00	195.00	270.00	542.00	25.00	230.00	1.00	67.5	542.00	0.0185	0.1892	142.4	0.0185	391.2	1276.8	420.5	0.10	523.0	142.4	47.39%	✓													
K3-PO1	463.00	216.00	172.00	500.00	35.00	430.00	1.00	43.0	500.00	0.0205	0.1932	187.9	0.0205	287.1	846.3	329.1	0.14	451.7	187.9	22.89%	✓													
K3-PO1	250.00	136.00	172.00	500.00	25.00	230.00	1.00	43.0	500.00	0.0200	0.1900	131.9	0.0200	343.3	1096.4	375.6	0.11	477.3	131.9	32.59%	✓													
H7-PO1	660.00	1437.00	441.00	1289.00	35.00	430.00	1.00	110.3	1289.00	0.0146	0.1873	469.5	0.0146	1522.6	5312.7	1587.2	0.08	1802.3	469.5	23.48%	✓													
H7-PO2	110.00	31.00	30.00	173.00	35.00	430.00	1.00	7.5	173.00	0.0182	0.1891	63.6	0.0182	29.7	97.4	31.8	0.10	39.4	29.7	25.28%	✓													
H8-PO1	712.00	638.00	464.00	354.00	50.00	330.00	1.00	116.0	354.00	0.0402	0.2001	194.8	0.0402	319.5	837.7	405.1	0.21	576.7	196.8	58.95%	✓													
H8-PO2	1144.00	1681.00	608.00	556.00	50.00	330.00	1.00	152.0	556.00	0.0412	0.2006	309.8	0.0412	796.0	2074.2	1015.5	0.22	1444.6	309.8	49.07%	✓													
H8-PO3	305.00	302.00	208.00	236.00	50.00	330.00	1.00	47.5	236.00	0.0258	0.1929	126.5	0.0258	117.9	350.0	134.5	0.14	183.8	117.9	40.28%	✓													
H8-PO4	286.00	205.00	140.00	221.00	50.00	330.00	1.00	35.0	221.00	0.0259	0.1929	118.4	0.0259	105.5	306.9	118.1	0.14	161.4	105.5	13.82%	✓													
H8-PO5	272.00	260.00	141.00	250.00	50.00	330.00	1.00	35.3	250.00	0.0218	0.1909	132.6	0.0218	123.6	385.3	136.5	0.12	178.8	123.6	28.52%	✓													
H8-PO6	228.00	76.00	47.00	165.00	50.00	330.00	1.00	11.8	165.00	0.0276	0.1938	88.8	0.0276	59.2	172.5	68.5	0.15	94.8	59.2	19.84%	✓													
H8-PO7	720.00	763.00	464.00	1055.00	50.00	330.00	1.00	116.0	1055.00	0.0136	0.1868	547.5	0.0136	1853.2	6591.6	1917.2	0.07	2110.5	547.5	21.19%	✓													
								Σ	1209.75										Σ	3475.23	34.81%													
													NEMA TLAČNE ZONE																					
													#DIV/0!																					

Ulazne vrijednosti parametra: Mehanizam 1		Geometrija zida i pretpostavljeni mehanizam
Debljina blokova	$b = 40 \text{ cm}$	
Težina blokova	$G_1 = G_2 = 212,84 \text{ kN}$ $G_3 = 103,22 \text{ kN}$ $G_4 = G_6 = 20,52 \text{ kN}$ $G_5 = 140,77 \text{ kN}$ $G_7 = 98,09 \text{ kN}$ $G_8 = 76,46 \text{ kN}$ $G_9 = 104,27 \text{ kN}$ $G_{10} = 72,66 \text{ kN}$	
Vrijednost virtualnih pomaka	$\delta_{x,1} = \delta_{x,2} = 0,623$ $\delta_{x,3} = \delta_{x,4} = \delta_{x,5} = \delta_{x,6} = \delta_{x,7} = 0,312$ $\delta_{x,8} = \delta_{x,9} = \delta_{x,10} = 0,093$ $\delta_{y,1} = \delta_{y,2} = \delta_{y,3} = \delta_{y,4} = \delta_{y,5} = \delta_{y,6} = \delta_{y,7} = \delta_{y,8} = \delta_{y,9} = \delta_{y,10} = 0,0186$	
Visinska kota	$Z = 6,60 \text{ m}$	
Proračun mehanizma		
Faktor aktivacije mehanizma	$\alpha_0 = 0,048$	
Spektralno ubrzanje	$a_0^* = 0,50 \text{ m/s}^2$	
Zahtijevano spektralno ubrzanje 475 god. p.p.	$a_{0,min}^* = 4,31 \text{ m/s}^2$	
Uvjet $a_0 \geq a_{0,min}^*$	NE ZADOVOLJAVA	
Indeks sigurnosti	0,11	

Slika 21. Proračun mehanizma otkazivanja zida izvan ravnine [11]

oštećenja zidova koja su se dogodila nakon potresa upućuju na parcijalno odvajanje i otkazivanje promatranih zidova izvan ravnine. Mehanizam O1, lastavica sa zabatnim zidom, ispunio je 11 % zahtjeva, a Mehanizam O2, nepridržani fasadni zid, ispunio je 85 % zahtjeva linearnim proračunom. Važno je naglasiti kako je provjera otkazivanja izvan ravnine prije svega nužna zato što je analiza globalnog modela valjana jedino pod pretpostavkom odziva konstrukcije kao cjeline.

4.6. Opis očekivanih zahvata na konstrukciji s tehničkim rješenjima za obnovu konstrukcije zgrade

Pridržavajući se uputa i zaključaka iz konzervatorskih uvjeta s jedne strane i uvjeta za postizanje propisom zadane razine obnove, potrebno je napraviti Projektom obnove su, na temelju proračunskih analiza, određeni neophodni zahvati na konstrukciji kojima su postignuti traženi uvjet.

Građevina je u postojećem stanju u potpunosti bila neuporabiva uglavnom zbog nekonstruktivnih elemenata koji onemogućavaju korištenje zbog opasnosti od urušavanja.

Proračunskim metodama prema kriterijima lokalnih mehanizama otkazivanja zidova izvan ravnine postojeće stanje građevine ima indeks znatnog oštećenja konstrukcije (IZO) u iznosu od $IZO = 0,11$. Razinom obnove 3 bilo je neophodno postići indeks znatnog oštećenja (IZO) u iznosu od najmanje $IZO = 0,75$, pa zgrada ima u odnosu na traženi zahtjev 15 % potresne otpornosti. Prema tome, mjere koje je potrebno primijeniti moraju osigurati horizontalnu krutost građevine u cjelini. Dijelovi građevine koje je bilo potrebno u potpunosti ukloniti jer su oštećeni u mjeri da ih nije moguće sanirati su:

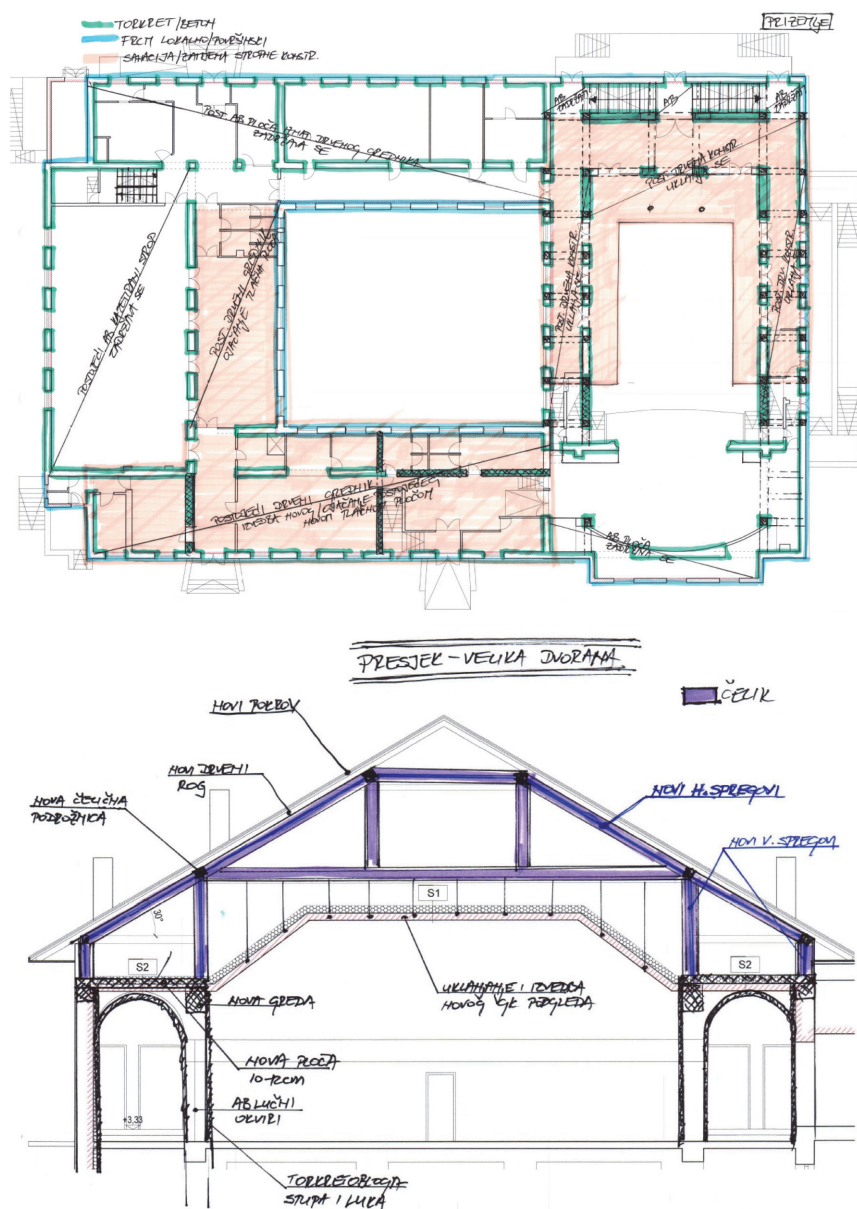
- zabatni zidovi velike dvorane
- krovne konstrukcije velike dvorane
- pregradni zidovi
- podgled stropova
- drvene konstrukcije gledališta i galerija.

Postojeće zidano ziđe potrebno je očistiti do nosive konstrukcije, pregledati i konsolidirati postojeća pukotinska oštećenja te nakon toga konstruktivno

ojačati nekom od metoda pojačanja. Kako bi horizontalne seizmičke sile jednoliko opteretile ziđe, potrebno je ojačati stropne dijafragme koje imaju ulogu takve preraspodjele opterećenja kao i osiguranje od prevrtanja zida izvan svoje ravnine.

Potrebno je ukloniti sve površinske slojeve radi pristupa armiranobetonskim nosivim elementima (stupove, grede i lukove) kako bi se omogućio pregled i konsolidacija postojećih pukotinskih oštećenja te nakon toga konstruktivno ojačati nekom od metoda pojačanja. S obzirom na ostale metode pojačanja ukrutnih elemenata odredit će se koja će se od metoda pojačanja primijeniti na AB elemente.

Imajući u vidu neophodnost očuvanja vrijednih elemenata gradnje na ovoj građevini, a istovremeno potrebu za ozbiljnim ojačanjima koje je potrebno izvesti kako bi se dosegla propisom tražena razina seizmičke otpornosti, napravljene su konceptualne skice konstrukcijskih rješenja, a neke od njih prikazane su na slici 22., kojima bi se navedeno moglo postići. Prilikom analize i izrade rješenja maksimalno su se uvažavale smjernice iz konzervatorskog elaborata.



Slika 22. Skice idejnih rješenja na ojačanju konstrukcije [3]

5. Pojačanje postojeće građevinske konstrukcije

Analiza otpornosti postojeće konstrukcije napravljena je u sklopu Elaborata postojećeg stanja, u kojem je zaključeno da konstrukcija nema dovoljan kapacitet nosivosti na seizmička djelovanja za traženu razinu obnove. Projekt cjelovite obnove zgrade izrađen je u suradnji s arhitektonskim uredom *ing4studio* d.o.o., a radove je realizirala izvođačka tvrtka *Strabag* d.o.o. u suradnji s nadzorom *Investinženjering* d.o.o.

5.1. Metode proračuna i proračunski modeli

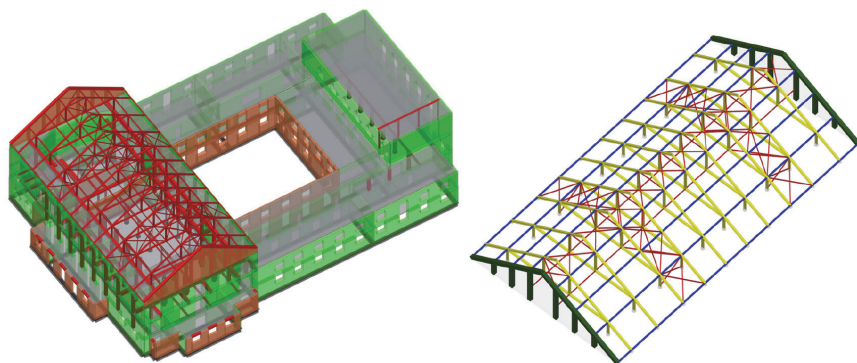
Za potrebe proračuna ojačanja postojeće građevine korišten je modalni proračun primjenom spektra odziva s faktorom ponašanja. Budući da je proračun proveden linearnom metodom, potrebno je odrediti faktor ponašanja kojim se uzima u obzir stvarno nelinearno ponašanje prilikom seizmičkog djelovanja na građevinu. S obzirom na odabrana rješenja na pojačanju postojeće konstrukcije kojima će se povećati duktilnost i nosivost postojeće konstrukcije, za faktor je ponašanja preuzeta vrijednost $q = 2,0$. Modalna analiza provedena je na prostornom modelu gdje su upisane nosive konstrukcije građevine kako bi se što točnije utvrdilo ponašanje konstrukcije, kao i zbroj efektivnih modalnih masa za razmatrane vlastite oblike osciliranja, slika 23 i 24..

Zidani zidovi ojačani armiranom žbukom predviđaju se u prosječnoj debljini od $d = 8$ cm. Predviđaju se tehničke karakteristike morta prema tablici 3.

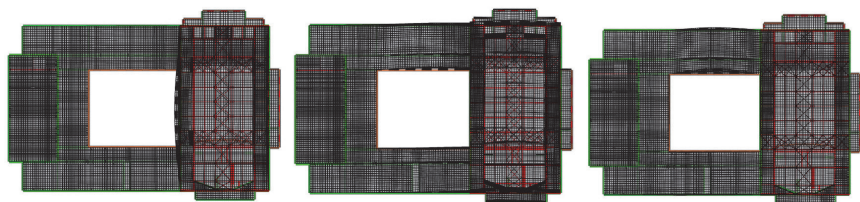
Pojedini se zidovi ojačavaju jednostrano, a pojedini dvostrano. U proračunskom modelu modelira se ovakav kompozitni zid tako da se pronalazi ekvivalentna krutost zidanog zida ojačanog oblogom od armirane žbuke. Takav zid u modelu se modelira s ukupnom debljinom kao armiranobetonski uz redukciju zapremine težine i krutosti. U ulaznim su podacima detaljno opisani zidovi na koji se način ojačavaju i koja im je ukupna debljina.

Tablica 3. Tehničke karakteristike morta

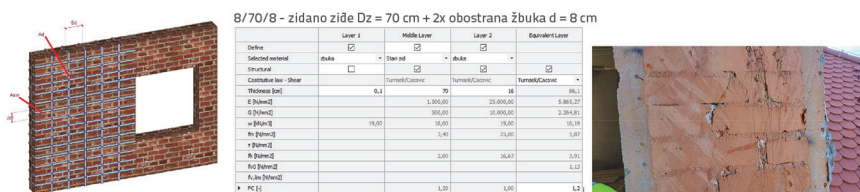
Namjena	Mort za konstrukcijsko ojačanje zida prema EN 998-1 i EN 998-2
Tlačna čvrstoća	M30 prema EN 998-2
Razredba prema EN 998-1	GP CS IV
Granulacija	3 mm
Gustoća sv. mat.	1900 kg/m ³
Tlačna čvrstoća	>30 MPa prema EN 1015-11
Posmična čvrstoća	0,15 MPa prema EN 998-2



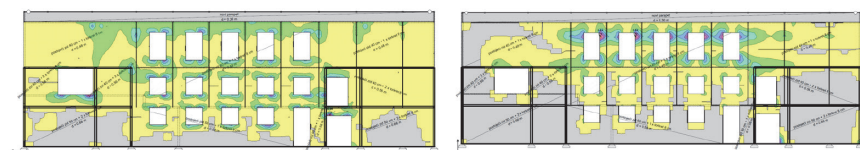
Slika 23. Proračunski 3D modeli [11]



Slika 24. Vlastiti periodi osciliranja ojačane konstrukcije cijele građevine [11]



Slika 25. Proračun parametara ojačanog zidanog зида armiranom žbukom [11]



Slika 26. Rezultati proračuna зида ojačanog armiranom žbukom [11]

U nastavku se daje primjer proračun ekvivalentnih parametara ojačanih zidova, slike 25. i 26.:

Dio zidanog зида na kojima se nije predviđala pojačanja dokazivo se na otpornost u ravnini prema metodologiji koja je detaljno opisana u poglavlju 4.4.

5.2. Rješenja pojačanja postojeće konstrukcije zgrade

U sklopu projekta cjelovite obnove zgrade [11], izrađenog u skladu sa svim konzervatorskim smjernicama, opisan je koncept rješenja ukrućenja konstrukcije koji se temelji na izvedbi pojačanja postojećih zidova dodatnim oblogama armiranom žbukom s jedne ili obje strane zida, slike 29. do 31.

Osim pojačanja postojećeg зида pojedini pregradni zidovi će se ukloniti te će se izvesti dodatni AB zidovi radi povećanja krutosti cijele konstrukcije. Kako bi navedene mjere imale efekta, neophodno se predviđa izvedba stropnih dijafragmi u zonama

gdje iste ne postoje. To se osobito odnosi na:

- dijelove stropne konstrukcije iznad podruma
- dijelove stropne konstrukcije iznad prizemlja
- stropnu konstrukciju iznad kata velike dvorane
- krovne konstrukcije (ojačanje postojećih krovnih konstrukcija).

Pregradni se opečni zidovi predviđaju zamijeniti zidovima od laganih materijala čime će se smanjiti masa, pa time i potresno opterećenje. Izvedba stropnih dijafragmi izvest će se na različite načine ovisno o zatečenoj situaciji postojeće konstrukcije:

- izvedbom nove AB stropne ploče iznad postojeće drvene konstrukcije u potpunosti kao nosiva konstrukcija
- izvedbom fleksibilne drvene dijafragme vijčano spojene na postojeću i novu drvenu konstrukciju
- izvedbom novih armiranobetonskih ploča iznad postojećih armiranobetonskih greda uz uvjet njihovog međusobnog povezivanja
- izvedbom spregnute čelične konstrukcije čelik-beton.

Sve nove dijafragme spojit će se na unutarnje i obodne zidove pripadajućim vezama, slike 32. i 33.

Svi novoizvedeni zidovi moraju imati kontinuitet po visini i moraju biti temeljeni na novim temeljima. Armiranom žbukom

pojačano postojeće zidano zide mora imati izvedeno adekvatno sidrenje u temeljnu konstrukciju, a armatura obloge mora imati kontinuitet kroz stropnu konstrukciju. Detalj sidrenja svih armiranom žbukom ojačanih zidova predviđa se izvedbom nove rubne AB grede koja će se AB moždanicima spojiti na postojeći temelj. Osim uloge sidrenja armature iz obloge, rubna će AB greda povećati ukupnu širinu postojećih temelja te time smanjiti opterećenje na temeljno tlo. Dodatno opterećenje masom uslijed izvedbe obloge armiranom žbukom na temeljnu konstrukciju također će se razmazati na temeljno tlo preko navedene grede. Rubna greda kroz spajanje s postojećim temeljem povećava otpornost temeljne trake na savijanje s obzirom na to da se očekuje da postojeći temelji nisu armirani, slike 27. i 28..

Dio konstrukcije iznad prizemlja (uključujući novu stropnu dijafragmu iznad postojećih greda) velike dvorane izvest će se kao nova konstrukcija, čime će se stvoriti pravokutni prsten na nivou iznad prizemlja i spojiti ga na konstrukcije aneksa, slika 31.

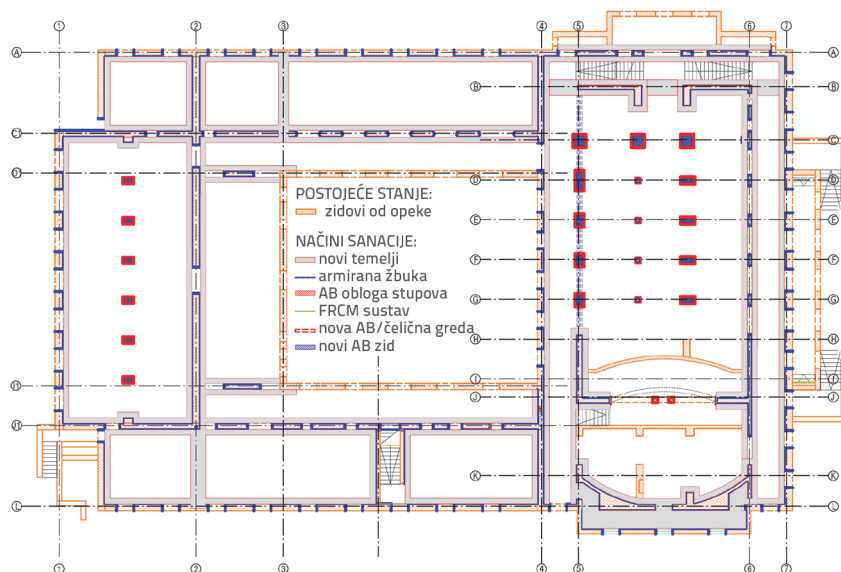
Iznad kata velike dvorane predviđa se također izvedba nove stropne ploče kao armiranobetonski pravokutni prsten unutar zidova dvorane na postojećoj AB konstrukciji greda. Postojeće grede i lukovi predviđaju se obložiti dodatnom oblogom u koju će se ugraditi potrebna proračunska armatura koja se spaja s postojećim armiranobetonskim presjekom.

Stropne konstrukcije povezat će se s vanjskim i unutarnjim zidovima, čime bi se značajno smanjili pomaci i spriječilo oštećivanje pregradnih zidova. Pridržanjem zidova u razinama stropnih dijafragmi izbjeći će se gubitak stabilnosti zidova izvan ravnine, što je u pojedinim zonama sada bio problem.

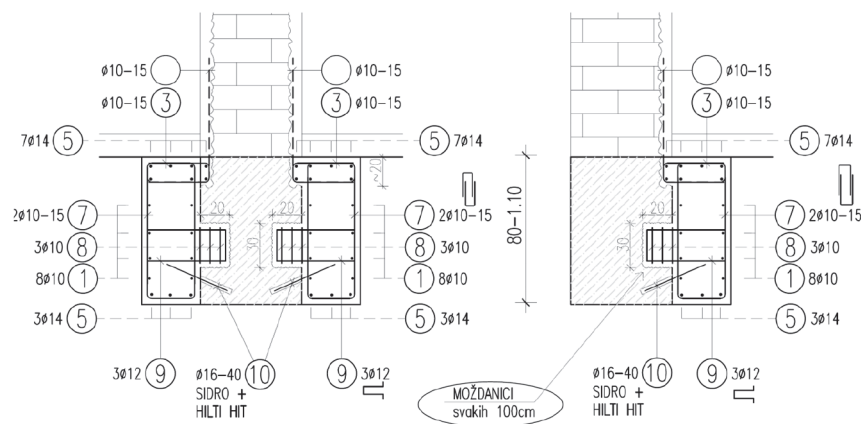
Predloženi koncept pojačanja i obnove zadržat će pomake konstrukcije na relativno malim vrijednostima i ujednačiti ih.

Postojeći trokutni zabati (lastavica) velike dvorane predviđaju se za uklanjanje do gornje kote AB lukova. Postojeći nadozid predviđa se za uklanjanje, nakon čega se izvodi novi armiranobetonski sidren u postojeće vanjske zidove. Unutar takvog armiranobetonskog novog serklaža predviđaju se ugraditi anker ploče za izvedbu novih čeličnih okvira.

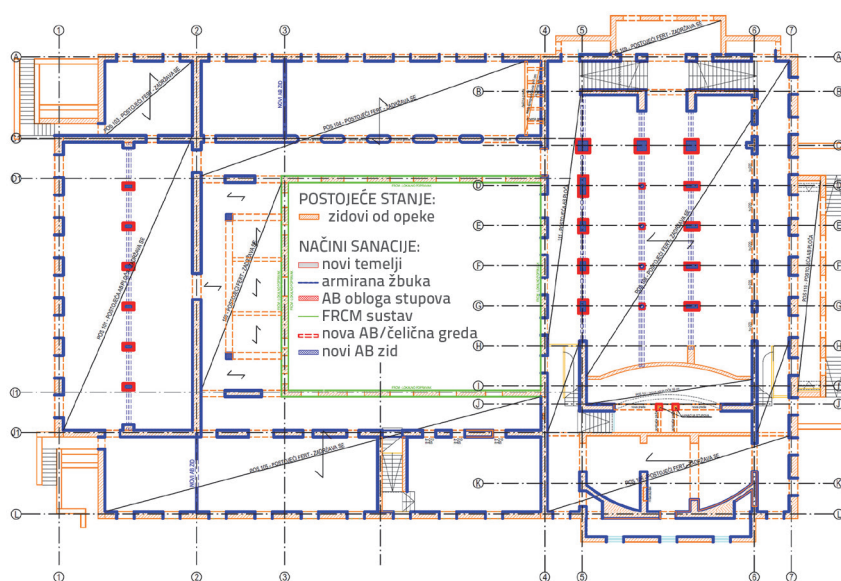
Nova konstrukcija krova predviđa se izvesti kao čelična konstrukcija s okvirima zgloбно pričvršćenim na 4 oslonca. Oslonci na vanjskim zidovima predviđaju se izvesti kako je prethodno opisano, ugradnjom anker ploča u novi AB nadozid, a unutarnji oslonci planiraju se ugraditi u nove armiranobetonske obloge oko postojećih lukova. Stabilizacija okvira u poprečnom smjeru ostvarena je upetim vezama okvira. Konstruktivno se predviđa jedan uzdužni krovni horizontalni spreg kako bi se ujednačili pomaci po okvirima. U poprečnom se smjeru predviđa izvedba dvaju krovni horizontalnih sprega i na istom mjestu dvaju vertikalnih stabilizacijskih sprega. Na nosivu čeličnu konstrukciju predviđa se izvedba sekundarnih čeličnih nosača na koje se polažu drveni rogovi s daščanom oplatom, slike 34. do 36..



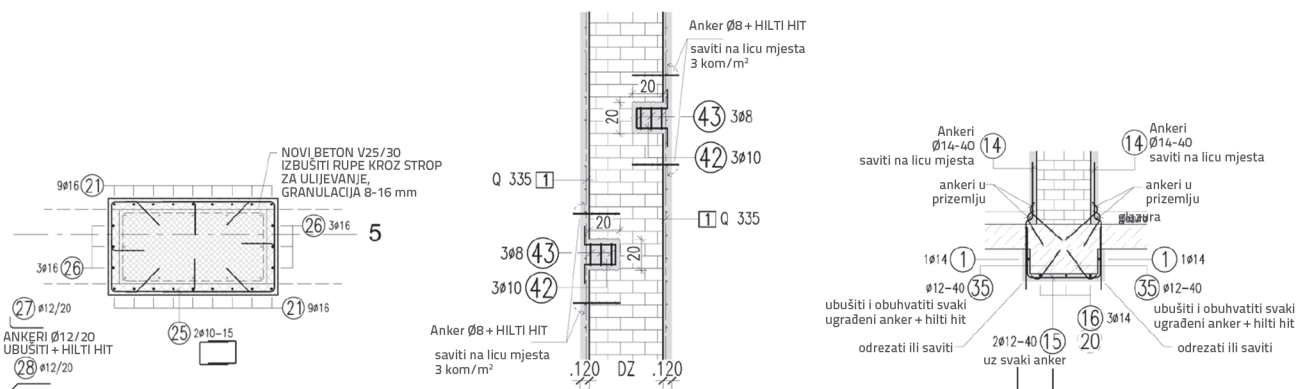
Slika 27. Dispozicija ojačanja temeljne konstrukcije [11]



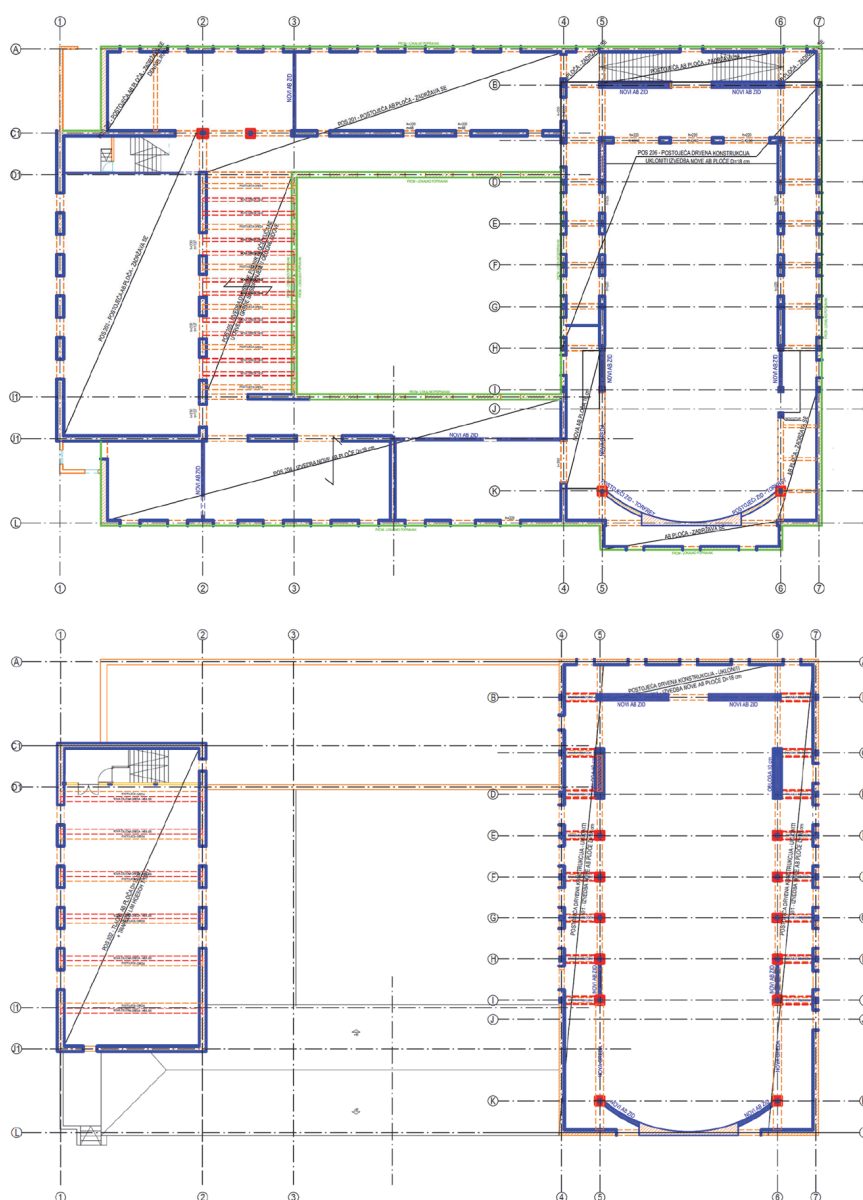
Slika 28. Karakteristični detalji ojačanja temeljne konstrukcije [11]



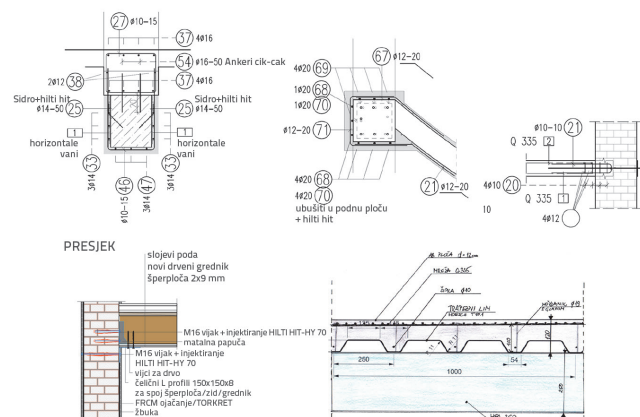
Slika 29. Dispozicija ojačanja konstrukcije podruma [11]



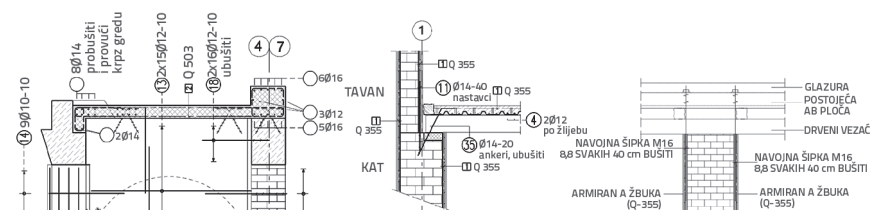
Slika 30. Karakteristični detalji ojačanja postojeće konstrukcije podruma [12]



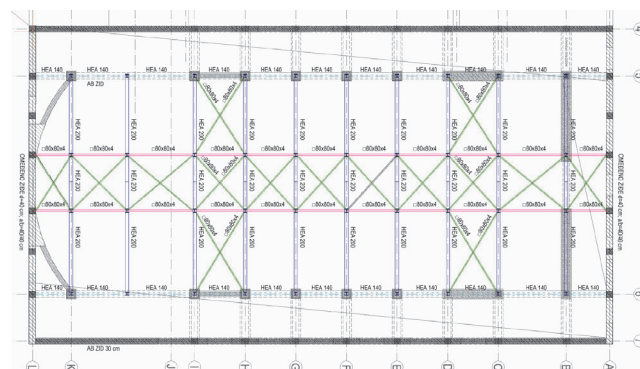
Slika 31. Dispozicija ojačanja konstrukcije prizemlja i kata [11]



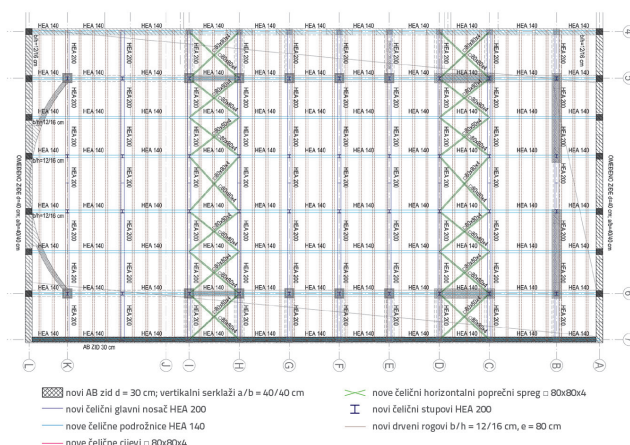
Slika 32. Karakteristični detalji ojačanja postojeće konstrukcije prizemlja [12]



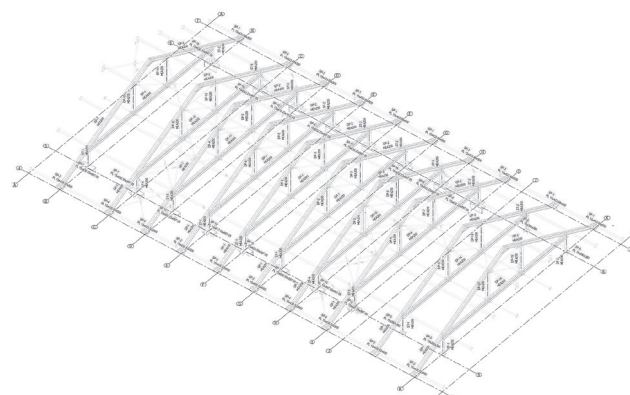
Slika 33. Karakteristični detalji ojačanja postojeće konstrukcije kata [12]



Slika 34. Konstrukcija donjeg pojasa nove čelične konstrukcije krova dvorane [11]



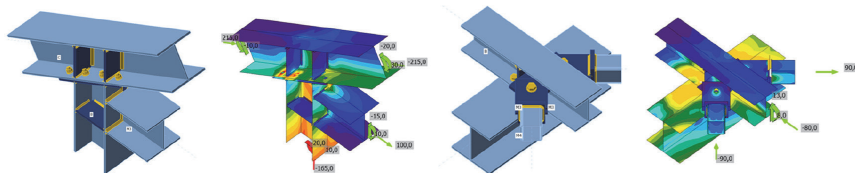
Slika 35. Konstrukcija gornjeg pojasa nove čelične konstrukcije krova dvorane [11]



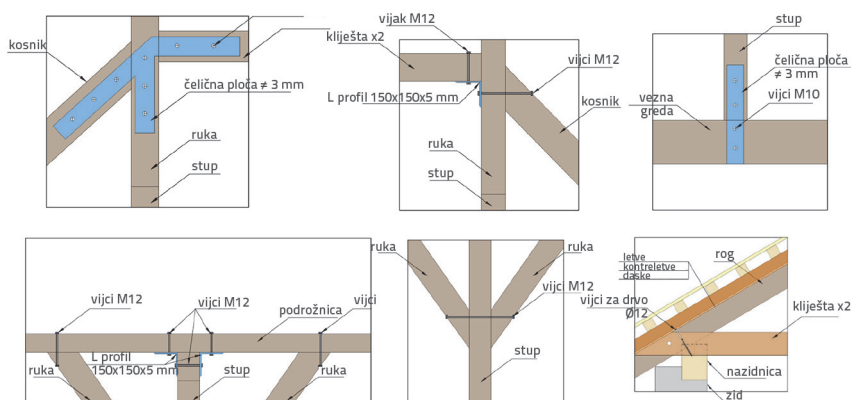
Slika 36. Radionička dokumentacija čelične konstrukcije krovšta velike dvorane [12]

Na slici 37. prikazani su neki od karakterističnih detalja za proračun priključaka čelične konstrukcije.

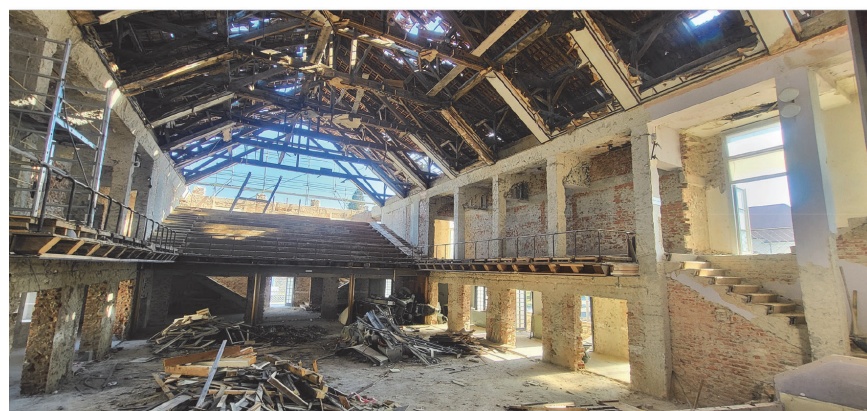
Ne previđa se sanacija krovne drvene konstrukcije u zoni aneksa i iznad knjižnice. Potrebno je zadržati postojeću konstrukciju uz dodatne mjere spajanja čvorova pripadajućim metalnim vezama, kao što je prikazano na slici 38.



Slika 37. Proračunski detalji priključaka čelične konstrukcije [12]



Slika 38. Detalji ojačanja postojeće drvene krovne konstrukcije [12]



Slika 39. Fotografije faze nakon uklonjenih obloga kada je konstrukcija u potpunosti vidljiva [3]

6. Projektantski nadzor i prilagodba projektantskih rješenja kroz izvedbu

Unatoč maksimalnom naporu u analizi postojećeg stanja, snimkama postojećeg stanja, provedenim istražnim radovima i detaljnoj razradi glavnog i izvedbenog projekta nakon početka izvođenja radova, neophodan je projektantski nadzor projektanta konstrukcije nad građenjem.

Početni je period građenja za projektanta konstrukcije najintenzivniji i zahtijeva najveći angažman. Razlog je tome nužnost analize postojećeg stanja nosive konstrukcije nakon uklanjanja svih obloga. U toj fazi u potpunosti je vidljiva konstrukcija sa svim svojim dimenzijama, dispozicijom i svim oštećenjima, slika 39.

Tada projektant konstrukcije može utvrditi odstupanja od postojećeg stanja za koja je izradio projekt pojačanja. U slučaju bitnih odstupanja (npr. postojećeg konstruktivnog sustava) važno je korigirati čak i konceptualna rješenja i ponoviti proračunske analize uz prilagodbu izvedbenih detalja. Takav proces zahtijeva intenzivni angažman projektanta konstrukcije kako bi se što prije projektantska rješenja prilagodila stvarnim uvjetima na gradilištu.

U slučaju lokalnih odstupanja od projektne dokumentacije koja se mogu pojaviti iz raznih razloga:

- različite geometrije postojeće konstrukcije
- različitih konstrukcijskih sustava u pojedinoj lokalnoj zoni građevine
- neprimjenjivosti tehničkih rješenja iz razloga redoslijeda izvođenja Izvođača
- promjene tehničkih rješenja radi izmjena u drugim strukama.

Neophodno je napraviti izmjenu tehničkog rješenja tako da se ostvari bitan globalni koncept pojačanja (proračunski). Za takve je intervencije neophodno napraviti lokalne dodatne

proračune i promjene detalja spojeva sa skicama izvedbe. Takve se lokalne intervencije pojavljuju tijekom izvedbe svih konstrukcijskih radova na ojačanju konstrukcije, a uloga je projektanta konstrukcije upravo prilagođavati detalje i

rješenja globalnom konceptu. Brzina davanja takvih rješenja prema izvođaču važna je kao i prikaz tehničkih rješenja koje je potrebno primijeniti što brže nakon detekcije problematike (odstupanja).

7. Fotografije izvedbe radova

Na slici 40. prikazana je izvedba radova na ojačanju temeljne konstrukcije. Slika 41. prikazuje stanje postojeće konstrukcije nakon uklanjanja drvenog krovišta velike dvorane i svih površinskih slojeva konstrukcijskih elemenata. Slika 42. prikazuje radova na ojačanju postojećeg zidanog zida. Slika 43. prikazuje stanje postojeće konstrukcije nakon uklanjanja drvenog krovišta velike dvorane i svih površinskih slojeva konstrukcijskih elemenata.



Slika 40. Izvedba radova na ojačanju temeljne konstrukcije [3]



Slika 41. Zatečeno stanje postojeće konstrukcije velike dvorane nakon uklanjanja drvenog krovišta [3]



Slika 42. Izvedba radova na ojačanju postojećeg zidanog zida [3]



Slika 43. Izvedba radova na novoj čeličnoj krovnoj konstrukciji dvorane [3]

Slika 44. prikazuje izvedbu radova na novim i pojačanju postojećih stropnih konstrukcija.

S obzirom na to da nije predviđena sanacija krovne drvene konstrukcije u zoni aneksa i iznad knjižnice, na slici 45. prikazane su dodatne mjere spajanja čvorova pripadajućim metalnim vezama.



Slika 44. Izvedba radova na novim i pojačanju postojećih stropnih konstrukcija [3]



Slika 45. Izvedba radova na pojačanju postojećeg drvenog krovišta [3]

8. Izvedeno stanje

U rujnu 2024. godine svečano je otvorena novoobnovljena zgrada Pučkog otvorenog učilišta Hrvatski dom Petrinja. Danas u zgradi unutar Pučkog otvorenog učilišta Hrvatski dom djeluju: Galerija "Krstu Hegedušić", Savjetovništvo za djecu, adolescente i obitelj, Kabinet za logopedsku podršku, Folklorni ansambl "Petrinčica", Petrinjski puhački kvartet i Literarno-recitatorska sekcija. Zgrada predstavlja važnu ulogu za odvijanje kulturnog života u Petrinji.



Slika 46. Obnovljena zgrada i kulturni sadržaj [13]

9. Zaključak

Projekt obnove Hrvatskog doma primjer je uspješno provedene cjelovite obnove koja obuhvaća tehničke, konstrukcijske i kulturne aspekte revitalizacije grada Petrinje nakon potresa.

Složenost zahvata ogleda se u raznolikosti građiva, konstrukcijskih sustava i tehnika koje je bilo potrebno primijeniti kako bi se osigurala protupotresna otpornost, stabilnost, trajnost i sigurnost objekta. Obnova je izvedena uz poštovanje načela očuvanja povijesne vrijednosti građevine, uz istodobno unaprjeđenje njezine funkcionalnosti i energetske učinkovitosti. Hrvatski dom danas ponovno ima važnu ulogu u kulturnom i društvenom životu Petrinje. On ne predstavlja samo obnovljenu

zgradu, nego i simbol otpornosti, zajedništva i uspješno provedene obnove – primjer kako se tradicija i suvremena graditeljska znanja mogu spojiti u održivu cjelinu.

U konkretnom je primjeru neophodno i opravdano bilo ukloniti teško oštećene dijelove konstrukcije (krov velike dvorane) kako bi se kroz zamjenu mogla ujedno primijeniti i pojačanja kojima je osigurana protupotresna otpornost upravo tog dijela konstrukcije koji je imao izvorne nedostatke.

Primjena ojačanja postojećih zidanih zidova metodom armirane žbuke u ovom je slučaju prikladna upravo zbog mogućnosti izravnjanja manjih vertikalnih otklona koji su se dogodili uslijed gubitka stabilnosti zidova izvan ravnine, što se pokazalo kao najveći izvorni nedostatak konstrukcije zgrade.

LITERATURA

- [1] Todorčić, M.: Elaborat ocjene postojećeg stanja građevinske konstrukcije zgrade Hrvatski dom, 2022.
- [2] Fajs, A.: Projektni zadatak 06/22, za uslugu izrade projektne dokumentacije za cjelovitu obnovu s energetsom obnovom zgrade Pučkog otvorenog učilišta "Hrvatski dom", Matije Gupca 2. Petrinja, 2022.
- [3] Todorčić, M., Duvnjak, M., Todorčić, P.: Projektna i fotodokumentacija projektnog ureda Toding d.o.o. Zagreb
- [4] Katastar: Izvod iz katastarskog plana za k.č. br.: 191, Područni ured za katastar Sisak – ispostava za katastar nekretnina Petrinja
- [5] Knez, I.: Opis i prikaz građevine, Cjelovita obnova zgrade – Hrvatski dom u Petrinji, 2022.
- [6] Arhivska projektna dokumentacija, Ministarstvo kulture i medija – mikroteka kulturne baštine
- [7] Krolo, J., Bartolac M., Duvnjak, I.: Izvješće o istražnim radovima na konstrukciji građevine Hrvatski dom Petrinja, Zagreb, 2022.
- [8] Ministarstvo prostornoga uređenja, graditeljstva i državne imovine: Tehnički propis za građevinske konstrukcije, NN 17/17, 75/20, 7/22
- [9] HRN EN 1998-3:2011 + NA:2011, Eurokod 8: Projektiranje potresne otpornosti konstrukcija -- 3. dio: Ocjenjivanje i obnova zgrada, HZN, Zagreb, Hrvatska
- [10] HRN EN 1998-1:2011+/Ispr.2:2015+A1:2014+NA:2011, Eurokod 8: Projektiranje potresne otpornosti konstrukcija -- 1. dio: Opća pravila, potresna djelovanja i pravila za zgrade, HZN, Zagreb, Hrvatska
- [11] Todorčić, M.: Glavni projekt obnove konstrukcije zgrade za cjelovitu obnovu zgrade Hrvatski dom, 2023.
- [12] Todorčić, M.: Izvedbeni projekt obnove konstrukcije zgrade za cjelovitu obnovu zgrade Hrvatski dom, 2023.
- [13] Slike – Hrvatski dom Petrinja, Dostupno: <https://studioeuropa.online/kultura1/hrvatski-dom-u-petrinji-oduvijek-je-dom-kulture>